

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.В.Гондлях

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – *Галузеве машинобудування*

на тему: Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу

---

---

---

**Студент(-ка) групи** III к. ЛП-п81 Мацагор Валерія Вікторівна \_\_\_\_\_  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

**Керівник проекту:** доктор технічних наук, професор, декан, Панов Є.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 студентки**

**Мацагор Валерії Вікторівни**

1. Тема проекту *«Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу»*, керівник проекту *Панов Є. М., доктор технічних наук, професор, декан*, затверджені наказом №1071-с по університету від 26.04.2021 р.
2. Термін подання студентом проекту 09.06.21 р.
3. Вихідні дані до проекту: Відношення L/D=30; Черв'ячний прес ЧП100х30; Перероблюваний матеріал Каучук.
4. Зміст пояснювальної записки: Зміст. Вступ. Призначення та галузь застосування виробу, який проектується. Технічна характеристика базової машини. Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії. Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації. Розділ «Охорона праці та навколишнього середовища». Очікувані механіко-економічні показники та висновки. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу: Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу, Технологічна схема виробництва шин з участю екструдера, Корпус екструдера (до модернізації), Корпус екструдера (модернізований), Шнек екструдера (модернізований), Результати розрахунків на працездатність та проектування 3D моделі в програмі ANSYS (плакат), Гільза.

## 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Тех. машино будув.	Борщик О.С.		
Модернізації	Щербина В.Ю.		

## 7. Дата видачі завдання:

01.04.21

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ.	26.04.21	
2	Призначення і галузь застосування.	26.04.21 – 29.04.21	
3	Опис конструкції і принцип дії.	30.04.21 – 02.05.21	
4	Літературно-патентний огляд та обґрунтування модернізації.	03.05.21 – 09.05.21	
5	«Розрахунки». Розрахунки, що підтверджують працездатність.	10.05.21 – 16.05.21	
6	Графічна частина.	17.05.21 – 23.05.21	
7	«Технологія машинобудування».	24.05.21 – 30.05.21	
8	Охорона праці.	31.05.21 – 06.06.21	
9	Висновки.	07.06.21 – 08.06.21	

Студент

В.В. Мацагор

Керівник проекту

Є.М. Панов

## ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

ТИТУЛЬНИЙ ЛИСТ	1
ЗАВДАННЯ ТА КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБІТ	2
ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	4
РЕФЕРАТ УКРАЇНСЬКОЮ МОВОЮ	5
РЕФЕРАТ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ	6
ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ	7
I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	8
II. РОЗРАХУНКИ	42
III. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	71
ВИСНОВКИ	81
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	82
ДОДАТКИ	85

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему "Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу" освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» зі спеціальності "Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів"/ НТУУ «КПІ»; Керівник Є.М. Панов, Виконавець В.В. Мацагор.

Дипломний проект містить текстову і графічну частини. Текстова частина має 3 розділи і додатки, загальний обсяг – 100 сторінок, 23 джерел посилань. Графічна частина містить 7 креслень (загальний обсяг 5 аркуші креслень формату А1, 1 аркуш креслення формату А3, 1 плакат з результатами розрахунків).

Мета роботи - розробити працездатну модернізацію корпусу екструзійного агрегату для обробки гумової суміші, що дозволить більш рівномірно розподіляти температурне поле по корпусу. Виконано розрахунки корпусу екструдера при переробці каучуку, які підтверджують його працездатність.

Спроектований екструзійний агрегат пройшов всі етапи перевірки на міцність та була доведена його працездатність.

Результати були представлені на засіданні кафедри ХПСМ.

ЕЛАСТОМЕРИ, ГУМОВА СУМІШ, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР, КОРПУС, ШНЕК, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ЕКСТРУДЕР, КАУЧУК, ЕКСТРУЗІЙНИЙ АГРЕГАТ.

## ABSTRACT

Diploma project on the topic "Extrusion unit with modernization of the case" educational qualification level "bachelor" in the specialty "Engineering, computer modeling and design of equipment for the production of polymeric and building materials and products" /" KPI named after Igor Sikorsky"; Director E.M. Panov, Performer V.V. Matsagor.

Thesis project contains text and graphic parts. The text part has 3 sections and appendices, the total volume is 100 pages, 23 sources of links. The graphic part contains 7 blueprints (the total volume is 5 sheets of blueprints in A1 format, 1 sheet of blueprints in A3 format, 1 poster with the results of calculations).

The purpose of the work is to develop a workable modernization of the body of the extrusion unit for processing the rubber mixture, which will allow a more even distribution of the temperature field on the body. The calculations of the extruder body during rubber processing are performed, which confirm its efficiency.

The designed extrusion unit has passed all stages of strength testing and its operability has been proven.

The results were presented at seminar chair HPSM.

ELASTOMERS, RUBBER MIXTURE, WORM EXTRUDER, HOUSING, SCREW, MODERNIZATION, EXTRUDER, RUBBER, EXTRUSION UNIT.

## ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

Умовні позначення:

$D, d$  – діаметр;

$t$  – крок нарізки витків черв'яка;

$l_1$  – довжина зони завантаження;

$l_3$  – довжина зони стискання;

$l_2$  – довжина зони дозування;

$h_1$  – глибина каналу в зоні завантаження;

$h_2$  – глибина каналу в зоні стискання;

$\lambda$  – ступінь твердості черв'яка;

$\mu$  – коефіцієнт способу закладення;

$W$  – осьовий момент опору;

$\tau$  – дотичні напруження;

$M_{кр}$  – крутний момент ;

$P_{ос}$  – осьова сила;

$\sigma$  – напруження;

$n$  – запас міцності;

$E$  – модуль пружності;

$K$  – коефіцієнт геометричної форми головки;

$R$  – радіус;

$\gamma$  – швидкість зсуву;

$Q$  – продуктивність;

$N$  – потужність;

$\eta$  – ККД (коефіцієнт корисної дії);

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

Критерії:

$Nu$  – критерій Нуссельта;

$Re$  – критерій Рейнольдса;

$Gr$  – критерій Гросгофа.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до дипломного проекту**  
**на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією**  
**корпусу»**

Київ – 2021 року

## ЗМІСТ

ВСТУП	10
1.1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ, ЯКИЙ ПРОЕКТУЄТЬСЯ	11
1.2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ	13
1.3. ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ МАШИНИ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ	14
1.4. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ	21
1.4.1. Обґрунтування доцільності використання рішення для здійснення модернізації черв'ячного екструдера	31
1.5. ОХОРОНА ПРАЦІ	32
1.5.1. Повітря робочої зони	34
1.5.2. Електробезпека	36
1.5.3. Пожежна безпека	37
1.5.4. Шум і вібрації	38
1.5.5. Виробниче освітлення	39
1.6. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ	41

					<b>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мацагор			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Панов				2	41
Керівник					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, ЛП-п81</i>		
Н. Контр.							
Затверд.		Гондляр					

## ВСТУП

Черв'ячні машини — один з найбільш поширених видів обладнання [1], що використовується в промисловості виробництва і перероблювання полімерних матеріалів. У різних галузях промисловості ці машини іноді називають екструдерами, шприц-машинами, черв'ячними пластикаторами і т. д., причому, як правило, кожна з цих назв пов'язана з будь-яким конкретним напрямом їх застосування. Наприклад, при виробництві та переробці гумових сумішей їх називають шприц-машинами. Область застосування черв'ячних машин досить широка і визначається тими процесами, які можуть бути реалізовані в їх робочих органах.

В даному проекті удосконалюється конструкція черв'ячного пресу ЧП100х30, призначена для обробки гумових сумішей. При виготовленні композиційних матеріалів ця машина частіше за все може використовуватись як змішувач [2-3], який здійснює введення в полімер барвників, стабілізаторів, пластикаторів, наповнювачів та інших добавок, а також грануляцію отриманого композиційного матеріалу. Дана машина може використовуватися в гумовій промисловості також для пластикації каучуку, фільтрації і грануляції гумових сумішей, девулканізації гуми і зневоднення регенерату. Може застосовуватись для виготовлення інших матеріалів та переробки різних полімерів за рахунок зміни геометрії черв'яка та головки.

Саме тому обрана тема дипломного проектування і є актуальною.

Ціллю проекту є розробити екструзійний агрегат для обробки гумових сумішей, який дозволить підвищити температуру гуми і наблизити до температури вулканізації, щоб отримати рівномірний стан зшивання гуми, також зменшити навантаження при роботі, підтвердити працездатність машини розрахунками в програмі за допомогою обчислювальних систем, опрацювати охорону праці та технологію машинобудування.

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ, ЯКИЙ ПРОЕКТУЄТЬСЯ

В даний час управління роботою резинозмішувача [4] здійснюється за допомогою інтелектуальних систем, причому сучасні системи максимально інтегровані в виробництво і керують роботою всієї лінії приготування гумових сумішей: від бункерних складів до екструдерів.

Виготовлення гумових сумішей є найважливішою операцією в гумовому виробництві, так як саме вона визначає якість гумових сумішей, їх структуру і гомогенність. Якість гумової суміші, в свою чергу, має великий вплив на властивості готового виробу.

Резинозмішувачами безперервної дії бувають черв'ячного і роторного типів.

Змішувачі черв'ячного типу діляться на одночерв'ячні, двочерв'ячні і багаточерв'ячні. Прикладом одночерв'ячного змішувача безперервної дії є машина типу «Трансфермікс».

Екструдери, що реалізують принцип «Трансфермікс», вперше були розроблені в 1955 р. Особливістю машини було те, що мінялась гвинтова навивка на корпусі. Причому глибина навивки на корпусі і шнеку – змінна.

Це сприяє інтенсифікації процесу змішування. В даний час ряд зарубіжних фірм - Berstorff, ThyssenKrupp Elastomertechnik, Troester та ін. - виробляють екструдери, в яких реалізований цей принцип. Переваги: збільшується якість заготовок; поліпшується продуктивність; знижуються енерговитрати.

Технологія виготовлення виробів шляхом застосування екструзії [5] знайшла своє застосування в областях, описуваних далі:

- хімічна промисловість (ця область передбачає виготовлення полімерних виробів (гумових, пластмасових і так далі). При цьому хімічний склад сировини залишається незмінним, екструдер

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначений в першу чергу для отримання необхідної форми кінцевого виробу. Тому налаштування такого обладнання відносно прості).

- харчова промисловість (при виробництві продуктів харчування також може використовуватися екструзія. Зазвичай, вона являє собою більш складний процес, ніж в попередньому прикладі. Налаштування обладнання припускають тонку зміну показників температури, швидкості, тиску, що призводить до змін характеристик і властивостей початкової сировини, наприклад, денатурації білка, розщеплення вуглеводів або желатинізація крохмалю).

Екструдер має високий рівень продуктивності в поєднанні з невеликими експлуатаційними витратами. Для повноцінного функціонування такого обладнання не потрібна велика кількість обслуговуючого персоналу і глибокі знання хімічних процесів. Його легко встановити і запустити в роботу. При коректному використанні машина не вимагає частого ремонту. Можливість регулювання різних параметрів екструдера дозволяє отримувати якісні матеріали різної товщини і ширини, необхідної виробнику.

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ

Технічна характеристика черв'ячного пресу наведена в таблиці 1.2.1.

Таблиця 1.2.1.

Технічна характеристика черв'ячного пресу

Параметри	Значення	Розмірність
Діаметр черв'яка	100	мм
Діаметр отвору охолодження черв'яка	30...25	мм
Число обертів черв'яка	2...140	об/хв
Співвідношення робочої довжини черв'яка до його діаметру	30	одиниць
Потужність електродвигуна	55	кВт
Внутрішній діаметр гільзи	100	мм
Зовнішній діаметр гільзи	116	мм
Межа плинності гільзи	850	МПа
Зовнішній діаметр корпусу	130	мм
Межа плинності корпусу	690	МПа
Тиск розплаву	50	МПа
Габаритні розміри: -довжина -висота	4300 1455	мм

### 1.3. ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

На рис. 1.3.1. представлена технологічна схема виробництва [6] з використанням машини, що проектується.



Каландр\* - машина, в якій валики притискають тканину або папір для глазування або згладжування.  
Змішувач Бенбері\*\* - з'єднує вихідний каучук, вуглецеву сажу та інші хімічні інгредієнти для створення однорідного каучукового матеріалу.

Рис. 1.3.1. – Технологічна схема виробництва.

Натуральний каучук і хімікати привозять на склад, після чого робочі засипають їх в змішувач Бенбері, де з'єднуються сотні компонентів для створення однорідного каучукового матеріалу. Ці компоненти включають в себе суміші, що використовуються як прискорювачі, антиоксиданти, наповнювачі, вулканізатори, пігменти, полімери. Час, теплота і сировина є факторами, що використовуються для проектування композиції матеріалу. Інгредієнти в основному поставляються на установку в заздалегідь зважених упаковках або зважуються оператором змішувача Бенбері з великих партій сировини. Відміряні інгредієнти поміщають на конвеєрну систему, після чого Бенбері завантажується, щоб почати процес змішування.

Після закінчення циклу змішування, гума поміщається на листоштампвальні вальці. Процес вальцювання формує гуму в плоскі, довгі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.01-70ПЗ

Арк.

14

смуги за рахунок її примусового пропускання через два валка, що обертаються в різних напрямках з різною швидкістю.

Операція каландрування продовжує формовку гуми. Каландр складається з одного або більше (найчастіше чотирьох) валів, через які примусово пропускаються листи гуми.

Каландр виконує наступні функції:

- Підготовка гумової суміші у вигляді єдиного листа певної товщини і ширини.
- Нанесення тонкого шару гуми (гумового покриття) на тканину.
- Примусове внесення гуми в пори тканини за допомогою втирання ("тертя").

Гумові листи, що сходять з каландра, намотуються на барабани, звані "стакани", з тканинними прокладками, званими "вкладишами", щоб запобігти прилипанню.

Екструдер складається з гвинта, барабана або циліндра, головки і екструзійної матриці. Екструдер працює, продавлюючи гуму через матриці відповідної форми. Для утворення порожнини всередині труби використовується сердечник або хрестовина. Екструдер виробляє великі плоскі ділянки протекторів шин.

Машина для збирання шин складається з обертового барабана, на якому збираються компоненти, і падаючого пристрою для постачання збирача компонентами для збірки. Компоненти шини [7] включають в себе борти, шари гуми, бічні стінки і протектор. Після того, як компоненти зібрані, шину часто називають "сирою" (зібраної, але не вулканізованої) шиною.

Після того, як збірка завершена, сирі шини обприскують речовиною на основі розчинника або води для запобігання прилипанню шини до прес-форми для затвердіння (вулканізації).

Оператори преса для затвердіння поміщають сирі шини в прес для затвердіння або на його завантажувальне обладнання, де сира шина

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

вулканізується і набуває форму. Вулканізатор використовує пар для нагрівання або просушування сирої шини. Затвердіння або вулканізація гуми перетворює липкий і піддатливий матеріал в нелипкий, менш піддатливий і довговічніший стан.

Після затвердіння необхідно провести оздоблювальні операції і огляд, перш ніж шина буде відправлена споживачам або на зберігання. Під час чистової операції з шини видаляються залишки або надлишки гуми. Ця зайва гума на шині залишилася через отвори в прес-формі для вулканізації. Крім того, може знадобитися відшліфувати зайві шари гуми з бічних стінок або опуклою написи на шині.

Базова конструкція машини описана в [1-3]. Принципова схема екструзійного агрегата, який проектується представлена на рис. 1.3.2.

Матеріал надходить у завантажувальний бункер 5 екструдера, транспортується вздовж корпусу 2 (рис. 1.3.5.) з шнеком 3 (рис. 1.3.4.), який обертається від приводу. Завдяки відповідним чином спроектованій геометрії шнека матеріал під час свого руху стискається, плавиться, гомогенізується і під певним тиском потрапляє в екструзійну головку 1 (рис. 1.3.3.), яка кріпиться до корпусу за допомогою фланцевого з'єднання. Повітря, що міститься в проміжках між гранулами, витискається завдяки ущільненню гранул крізь завантажувальний бункер 5.

					<b>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

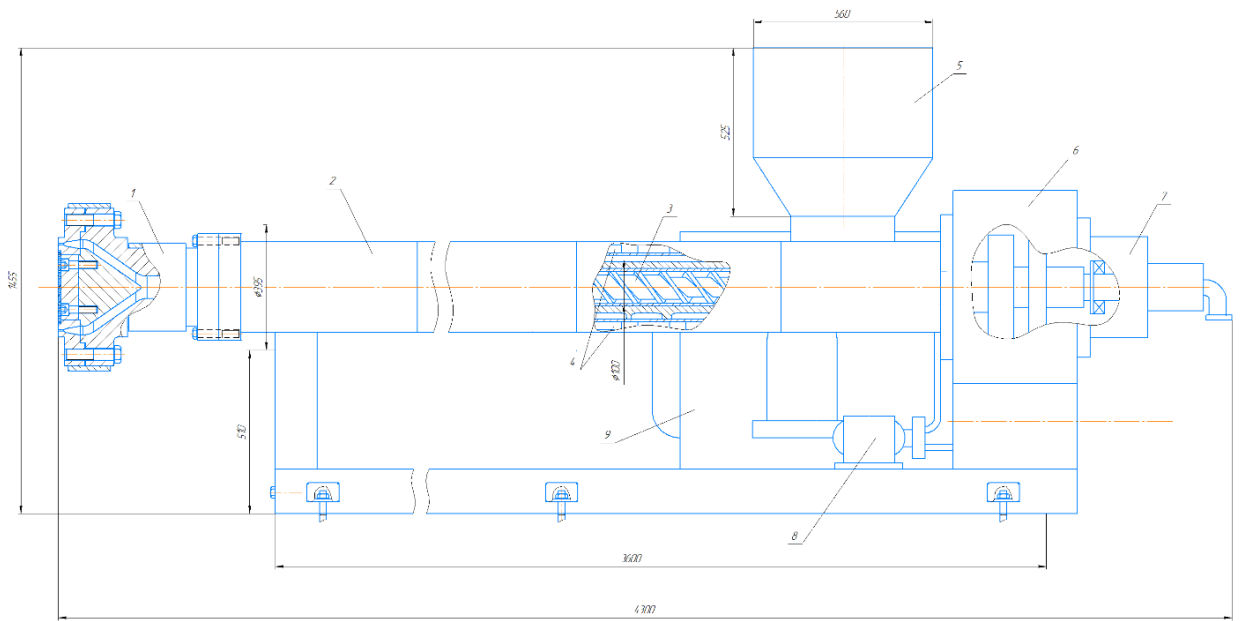
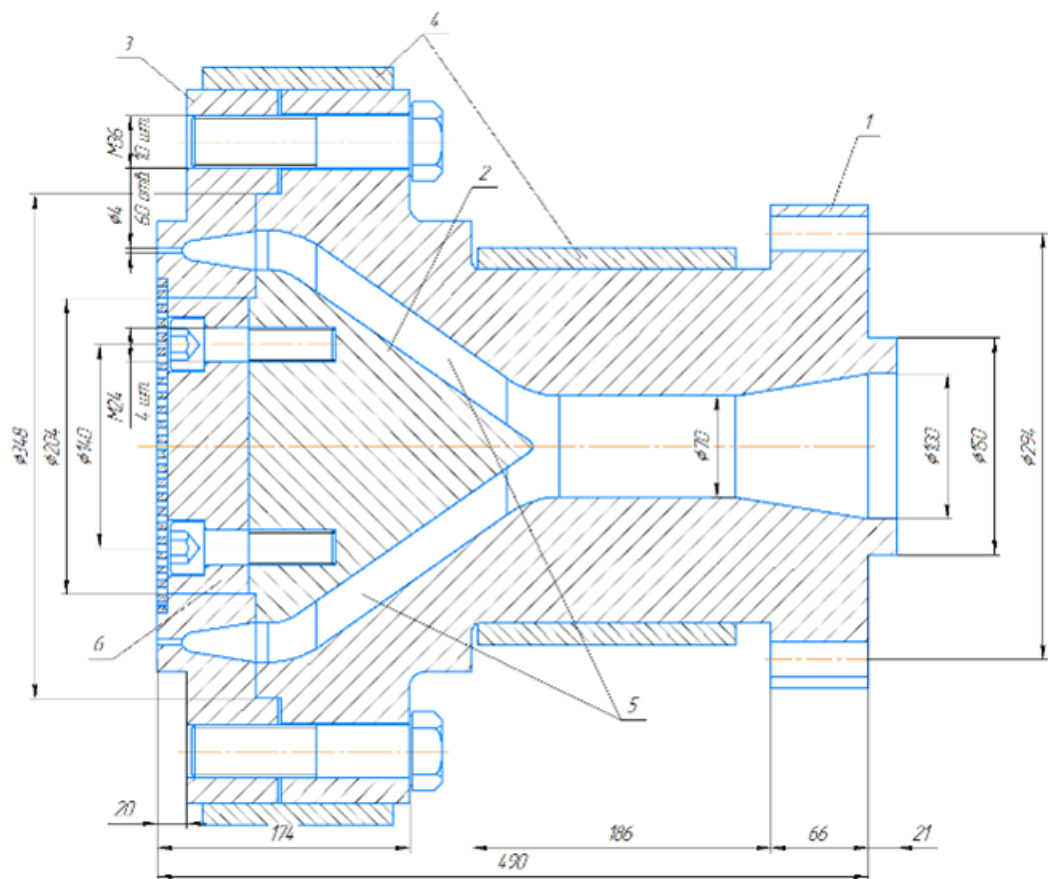


Рис. 1.3.2. – Схема екструзійного агрегата:

1 – екструзійна головка; 2 – корпус з фланцями; 3 – черв'як; 4 - нагрівачі; 5 - завантажувальний бункер; 6 - редуктор; 7 – вузол упорного підшипник; 8 - масляний насос; 9 – електродвигун.



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.01-70ПЗ

Арк.

17

Рис. 1.3.3. – Екструзійна головка екструзійного агрегата:

1 – приєднувальний фланець; 2 – піноль; 3 – мундштрук; 4 - притискне кільце; 5 - канали потоку; 6 – кришка; 7 - затискне кільце

Теплота, необхідна для плавлення, підводиться здебільшого від приводу, механічна енергія якого внаслідок дисипації в об'ємі утвореного розплаву (в'язкого тертя) перетворюється на теплову. Частина енергії підводиться від нагрівачів 4, розміщених на поверхні корпуса 2. Потрібно зазначити, що в ряді випадків теплота дисипації перевищує необхідну для плавлення й гомогенізації, а тому передбачена можливість відведення її надлишку, яке здійснюється завдяки охолодженню за допомогою вентиляторів. У ряді випадків застосовується і рідинне охолодження. Зона подачі екструдера охолоджується водою, яка подається в канали, для запобігання передчасного початку плавлення.

Насипна маса матеріалу, що надходить до завантажувальної лійки, менше за густину розплаву, тому в області плавлення об'єм каналу черв'яка поступово зменшується найчастіше за рахунок зменшення глибини нарізки й рідше за рахунок зменшення кроку нарізки (ширини гвинтового каналу). Відношення площі перерізу гвинтового каналу зони подачі до площі перерізу в зоні гомогенізації називають ступенем стиснення шнека. Це відношення приблизно дорівнює відношенню глибини нарізки в зазначених зонах.

Істотне значення має частота обертання шнека, яка в більшості екструдерів плавно регулюється завдяки застосуванню приводу постійного струму.

Також застосовуються двигуни змінного струму з паралельним збудженням, що дають змогу плавно регулювати частоту обертання шнека, а також гідропривід. За умови збільшення діаметра шнека верхня границя його частоти обертання зменшується.

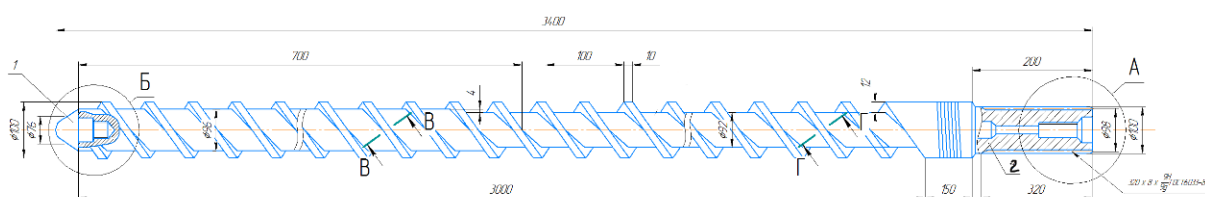


Рис. 1.3.4. – Шнек:

1 – торпеда; 2 – черв'як; 3 – хвостовик

З'єднання черв'яка з вихідним валом редуктора і передача крутного моменту забезпечуються шліцьовим з'єднанням. Потрібно зазначити, що в процесі роботи на шнек діє значна осьова сила, тому обов'язковою умовою є установлення упорного підшипника. Вузол упорного підшипника може бути або вмонтованим безпосередньо в редуктор, або винесеним за його межі. Завдяки шліцьовому з'єднанню та знятої екструзійної головки шнек може бути вилучений вперед без демонтажу фланцевих з'єднань.

Основними робочими органами екструдерів є корпус (рис. 1.3.5.), у якому обертається шнек [8], що має гвинтову нарізку. Під час обертання шнека матеріал транспортується по гвинтовому каналу, утвореному внутрішньою поверхнею циліндра й нарізкою шнека. Транспортування супроводжується інтенсивними деформаціями матеріалу та зростанням тиску за одночасного проходження найрізноманітніших процесів: нагрівання матеріалу за рахунок енергії дисипації та енергії, що підводиться від системи нагрівання циліндра, ініційовані зростаючою температурою та тиском хімічні, фазові та інші перетворення, ущільнення та монолітизація сипких матеріалів, змішування компонентів, вилучення з матеріалів газоподібних та інших компонентів та ін.

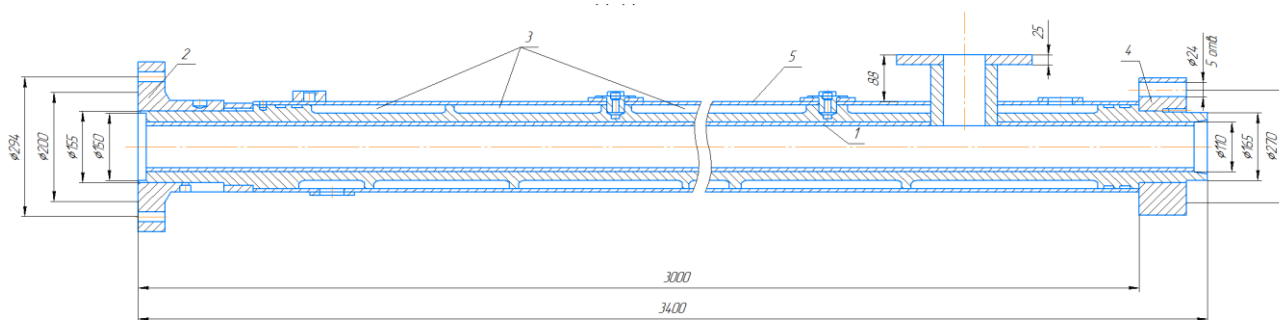


Рис. 1.3.5. - Корпус:

1 – гільза; 2 – фланці для кріплення головки; 3 – кожух; 4 – фланці для з'єднання із зоною плавлення корпуса та вузлом упорного підшипника; 5 – корпус.

Завдяки цій різноманітності процесів екструдери використовують на різних стадіях в технологічних схемах виробництва полімерів і виробів із

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

них, для переробки композиційних матеріалів із застосуванням полімерів, для переробки біосировини, вторинної сировини та інших матеріалів. У лініях для виробництва композиційних матеріалів і формування виробів із них екструдери використовуються як розплавлювачі полімеру і змішувачі його з наповнювачами, барвниками, пластифікаторами, стабілізуючими та іншими добавками, а також для грануляції одержаної композиції або продавлювання підготованого розплаву крізь екструзійну головку з метою одержання виробів. Широкого застосування набули екструдери також у гумо переробній промисловості для пластикації каучуку, фільтрації та грануляції гумових сумішей, виробництва напівфабрикатів, девулканізації та зневоднення регенерату тощо.

Таким чином, найчастіше екструдери [1-3] не експлуатуються самостійно, а входять до складу спеціалізованих ліній, агрегатів, технологічних схем, які мають в своєму складі й інші машини та апарати, що працюють узгоджено.

					<i>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

#### 1.4. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБґРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Існують відомі типові конструкції черв'ячних екструдерів та їхніх черв'яків. [1-9] Одним із недоліків конструкцій шнеків екструзійних агрегатів [1-3] є їх складна збірка, яка в більшості випадків призначена для підвищення температури після виходу перероблюваного матеріалу з екструдера. Метою даного проекту є ліквідація вказаних недоліків і досягнення удосконалення черв'ячного екструдера.

В [10] запропоновано вдосконалення шнека екструдера. Метою даного рішення є за допомогою модернізованої конструкції шнека досягти підвищення температури і наближення до температури вулканізації гумової суміші, щоб отримати рівномірний стан зшивання гуми. Це реалізується тим, що екструзійний агрегат забезпечений нескінченним шнеком для екструзії, виконаним таким чином, що гумова суміш до досягнення екструзійного інструменту зазнає підвищення температури, що реалізується за допомогою тепловіддачі, тому температура екструдата наближається до температури вулканізації.

Екструдер для обробки гумових сумішей для отримання еластомерних виробів містить циліндр 1, шнек 2, що обертається в циліндрі 1, і екструзійну головку 3 із вставленим в неї напірним елементом 4 та екструзійним інструментом 5. Циліндр 1 розділений за допомогою ізолюючого кільця 6 в зону входу в циліндр 7 і зону виходу з циліндра і далі показує порожнисті місця 9 і 10, призначені для вирівнювання температури. Шнек має зону введення 11 і зону виходу 12, які відрізняються один від одного своїм кутом спіралі та глибиною різьби. Таким чином, зона виходу 12 має менший кут спіралі приблизно 7- 14° і меншу глибину різьби порівняно із зоною введення шнека 11. Екструзійна головка 3 виконана з можливістю хорошого потоку, так, що у зв'язку із вставленим напірним елементом 4 регулювання або

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

відповідно збільшення тиску в шнековому каналі, а також у головці екструдера 3 здійснюється шляхом перетворення сили тиску та зменшення середнього часу перебування суміші в екструдері при підвищених температурах (рис. 1.4.1.).

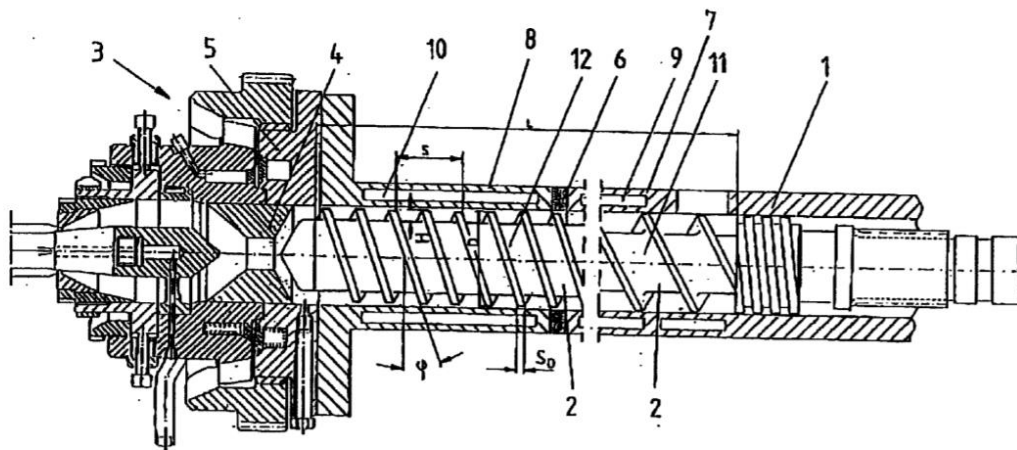


Рис. 1.4.1. – Екструзійний агрегат з модернізацією шнека

Під час роботи екструдера гумова суміш транспортується із вхідної зони 11 шнека 2 у напрямку вихідної зони 12 шнека, в якій за допомогою вибору кута спіралі та глибини різьби згідно з модернізацією, зона входу в циліндр 7 перевищує зону виходу з циліндра 8 так, що може відбутися зниження тиску і потоку витоку, що призведе до поліпшення теплового процесу. Крім того, завдяки збільшенню співвідношення обсягу поверхні у вихідній зоні 12, температуру змішування в зонах стінок, де є повільніший потік, можна буде порівняно точно контролювати.

В [11] реалізована модернізація черв'яка екструдера. Метою цього рішення є удосконалення корисної моделі, яка належить до обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, у тому числі й композиційних, і може бути використана в полімерпереробних екструзійних лініях, зокрема для виготовлення обертового робочого органа черв'ячних екструдерів.

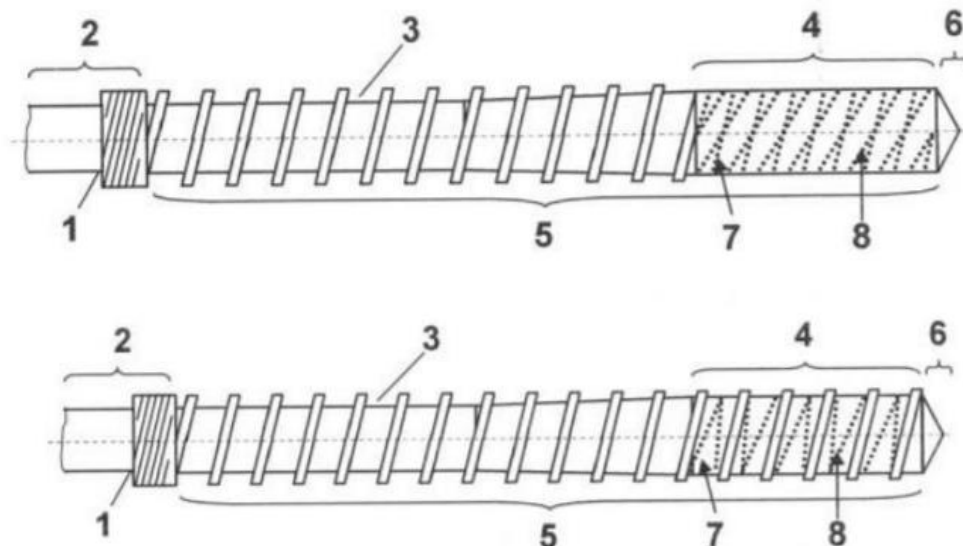


Рис. 1.4.2. – Черв'як екструдера

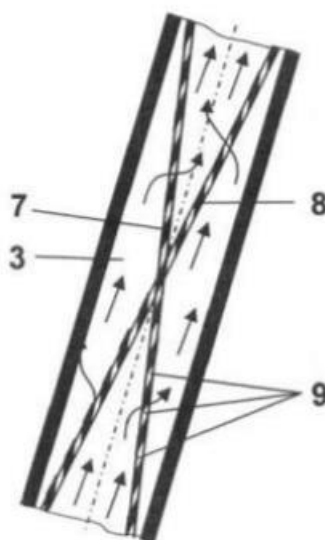


Рис. 1.4.3. – Розгортка каналу

Черв'як екструдера, що містить осердя з послідовно розташованими хвостовиком, спорядженою гвинтовою нарізкою і змішувальним елементом робочою частиною, а також наконечником, при цьому змішувальний елемент має форму гвинтового гребеня з поперечними прорізами, який відрізняється тим, що змішувальний елемент споряджено додатковим гвинтовим гребенем з поперечними прорізами та іншим, порівняно з основним гвинтовим гребенем, кроком. Черв'як екструдера відрізняється тим, що змішувальний елемент розташовано між гребенями гвинтової нарізки (рис. 1.4.2.-1.4.3.).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Пропонована корисна модель істотно поліпшує змішувально-диспергувальну спроможність черв'ячних екструдерів.

У [12] поставлена мета модернізації циліндра черв'ячного екструдера, у якому нове конструктивне виконання його циліндричної труби забезпечує зменшення теплових втрат під час нагрівання циліндра, а також зниження його матеріалоемності. Це вирішується тим, що в циліндрі черв'ячного екструдера, що містить циліндричну трубу з фланцями на кінцях, споряджену теплообмінною оболонкою зі штуцерами для підводу й відводу теплоносія, згідно з корисною моделлю, що пропонується, новим є те, що у стінці циліндричної труби виконані поздовжні отвори для розміщення в них нагрівників.

Циліндр містить циліндричну трубу 1 з фланцями 2 і 3 на кінцях, споряджену теплообмінною оболонкою 4 зі штуцерами для підводу 5 і відводу 6 теплоносія (рис. 1.4.4.-1.4.5.), при цьому в стінці циліндричної труби 1 виконані поздовжні отвори 7 для розміщення в них нагрівників (не показані). Під час охолодження циліндра воду або повітря подають у теплообмінну оболонку 4, які охолоджують циліндричну трубу 1 і перероблюваний матеріал, що перебуває в циліндрі. Під час же нагрівання циліндра теплообмінну оболонку 4 звільняють від води і вмикають розміщені в поздовжніх отворах 7 циліндричної труби 1 нагрівники (не показані). При цьому порожнина теплообмінної оболонки 4 служить в якості теплоізоляції, що суттєво зменшує теплові втрати від циліндричної труби в оточуюче середовище.

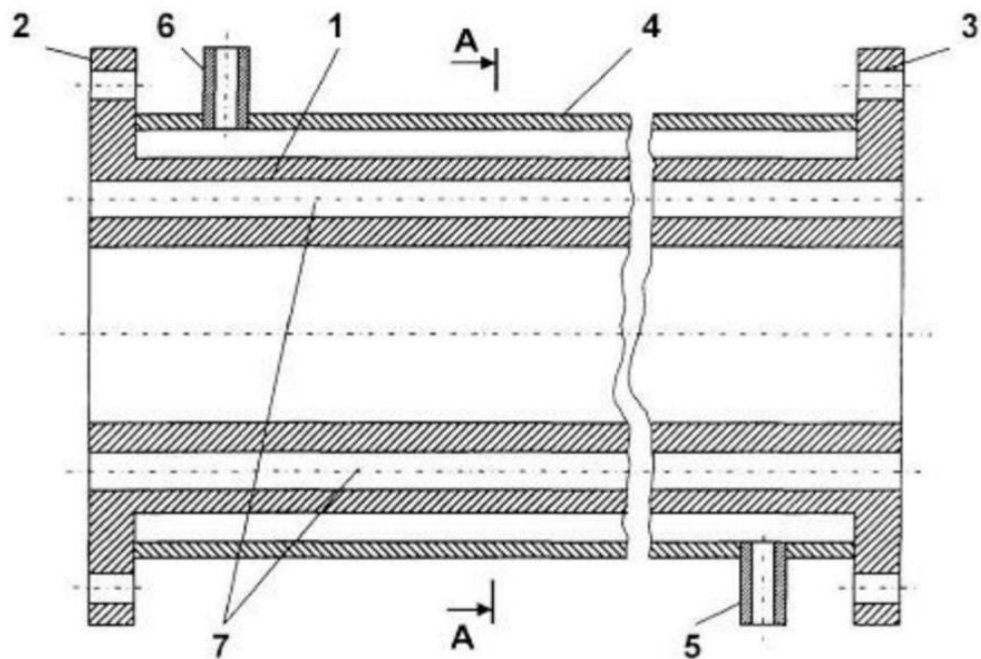


Рис. 1.4.4. – поздовжній розріз циліндра екструдера

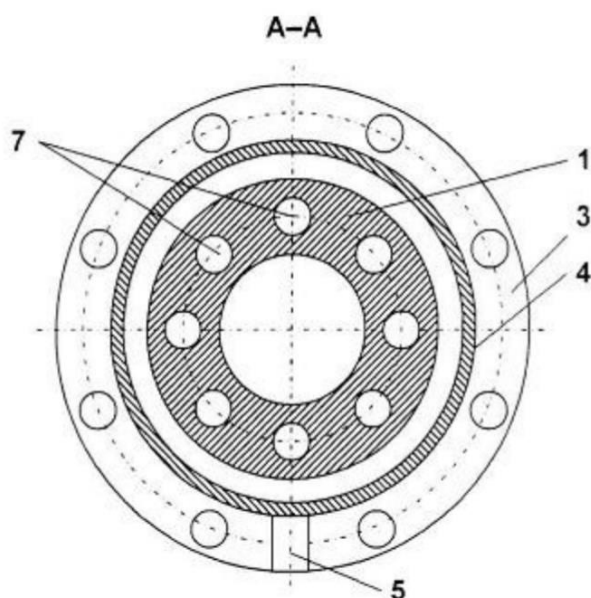


Рис. 1.4.5. - розріз за А-А на рис. 1.4.4.

Зазначений циліндр забезпечує необхідний температурний режим переробки на довжині циліндричної труби, проте характеризується значними тепловими втратами в навколишнє середовище під час нагрівання циліндра рідким або газоподібним теплоносієм. Крім того, потреба в забезпеченні температури переробки більше за 250...300°C передбачає значний тиск теплоносія в оболонці, а отже і підвищену матеріалоемність циліндра в цілому.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.01-70ПЗ

Арк.

25

Винахід [13] дозволяє удосконалення черв'яка екструдера. Метою даного рішення є вдосконалити черв'як екструдера, у якому нове конструктивне виконання його наконечника забезпечує ефективне згладжування пульсацій потоку розплаву значної величини в широкому діапазоні як їх величин, так і швидкості змінювання, а отже й одержання продукції зі стабільними розмірами й формою.

Черв'як екструдера містить вал 1 з послідовно розташованими хвостовиком 2, робочою зоною 3 з гвинтовою нарізкою, а також наконечником 4, спорядженим пружним елементом 5 (наприклад, пружиною стиснення) і встановленим з можливістю зворотно-поступального руху в осьовому отворі 6 вала 1. Наконечник 4 з боку хвостовика вала 2 споряджено штоком 7 з розташованим на його кінці поршнем 8, при цьому ділянка осьового отвору 6 вала 1 між наконечником 4 і поршнем 8 заповнено в'язкою рідиною, а в осьовому отворі 6 вала 1 на зазначеній ділянці закріплено нерухому дросельну шайбу 9. Штифт 10, що проходить крізь овальний отвір 11 наконечника 4, фіксує його від провертання відносно робочої зони 3 черв'яка. Пружний елемент 5 при цьому може бути встановлено або між поршнем 8 і дном осьового отвору 6 вала 1 (Рис. 1.4.7.), або між наконечником 4 і дросельною шайбою 9 (Рис. 1.4.7.). Сировина, що підлягає переробленню, послідовно просувається нарізкою робочої частини 3 від хвостовика 2 до наконечника 5, поступово ущільнюється, нагрівається і плавиться.

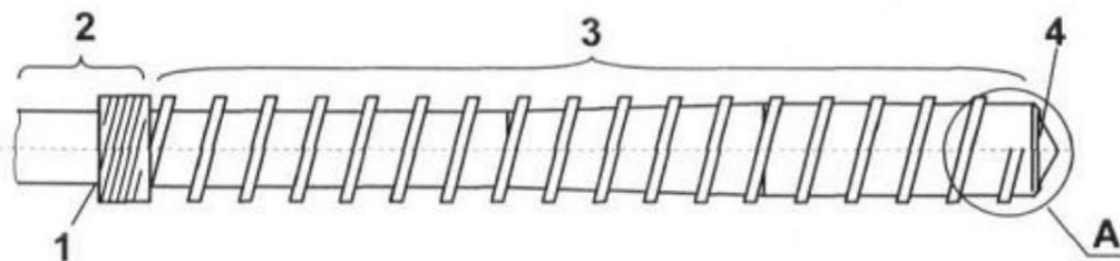


Рис. 1.4.6. - загальний вигляд черв'яка

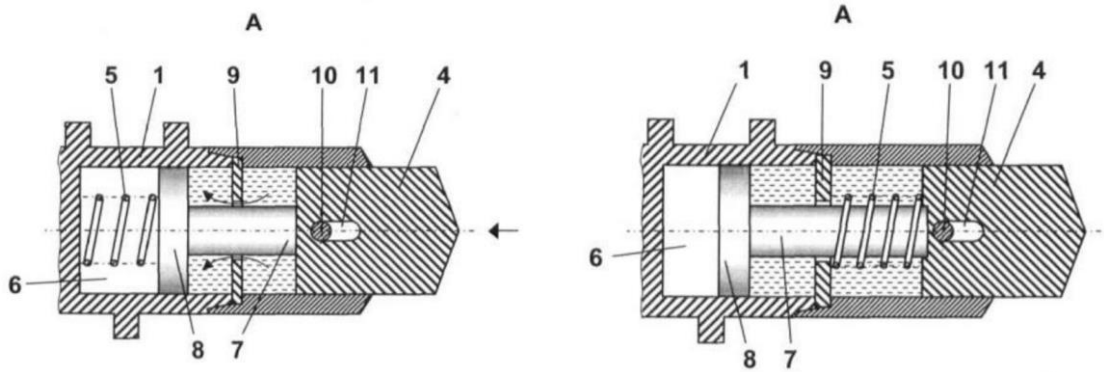


Рис. 1.4.7. - виносний елемент А на рис. 1.4.6. та розташування пружного елемента

Пропонована конструкція черв'яка нескладна у виготовленні та експлуатації, істотно поліпшить умови роботи черв'ячних екструдерів, ефективно "гасить" будь-які коливання витрати розплаву поблизу наконечника черв'яка (тобто на вході в екструзійну головку), що забезпечує одержання екстудованої продукції зі стабільними розмірами й формою.

В [14] проаналізована модернізація черв'яка екструдера. В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалити конструкцію черв'яка екструдера, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує високу ефективність процесу охолодження черв'яка, що сприяє зменшенню витрати охолоджувальної води.

Черв'як екструдера (рис. 1.4.8.) містить порожнисте осердя 1 з послідовно розташованими хвостовиком 2, оснащеною гвинтовою нарізкою 3 робочою зоною 4, а також знімним наконечником 5. Робочу зону 4 при цьому утворено послідовно розташованими циліндричною ділянкою з глибокою нарізкою 6, кінчною ділянкою 7 з нарізкою, що зменшується, та циліндричною ділянкою з неглибокою нарізкою 8, а порожнину 9 осердя 1 з боку наконечника 5 виконано з поздовжніми шліцами 10. У найприйнятнішому прикладі виконання черв'яка поздовжні шліци 10 виконано в межах циліндричної ділянки з неглибокою нарізкою 8, яку виконано знімною (з'єднуваною з іншою частиною осердя 1 за допомогою різьби).

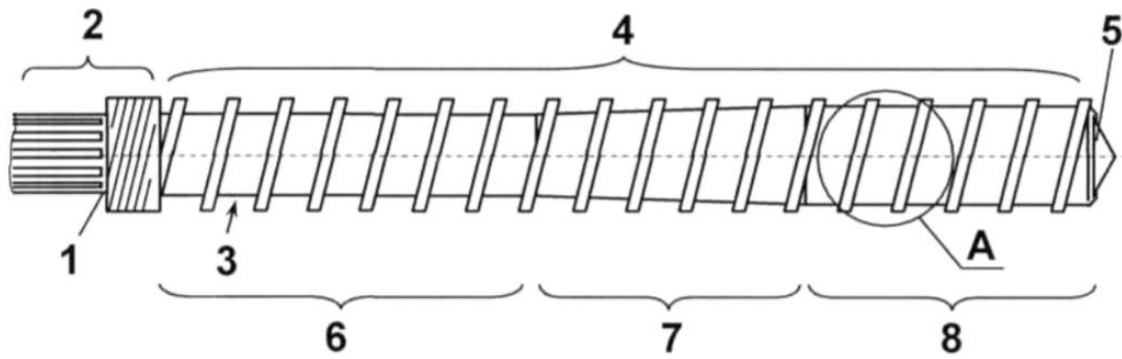


Рис. 1.4.8. - загальний вигляд черв'яка

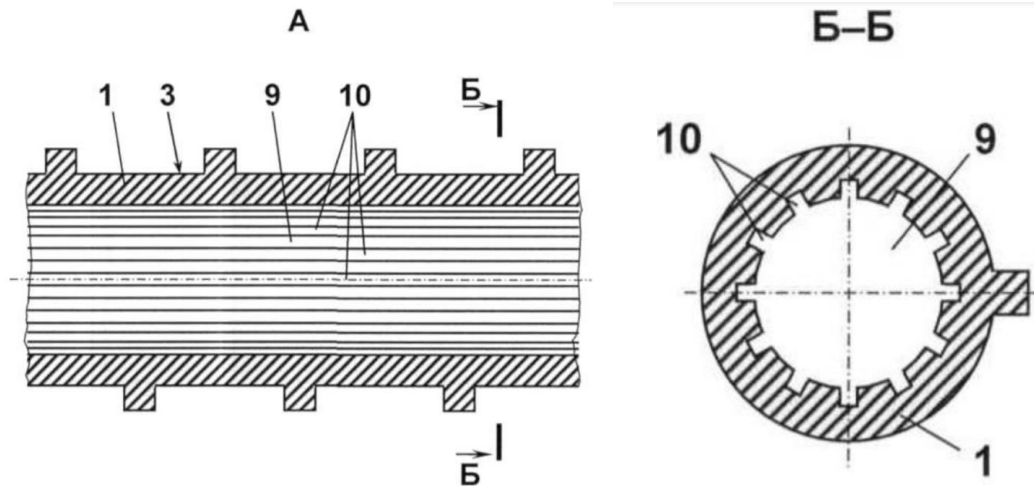


Рис – 1.4.9. розріз виносного елемента А Рис. 1.4.10. - переріз за Б-Б на рис. 1.4.8.

Пропонована корисна модель, нескладна у виготовленні та експлуатації, істотно поліпшує умови роботи черв'ячних екструдерів.

У [15] поставлена задача вдосконалити систему охолодження черв'яка екструдера, у якій її нове конструктивне виконання забезпечує підведення свіжої охолоджувальної рідини по всій довжині порожнини черв'яка, що підвищує рівномірність, інтенсивність та ефективність охолодження черв'яка.

Система охолодження черв'яка екструдера містить порожнистий вал 1 з послідовно розташованими хвостовиком 2, спорядженою гвинтовою нарізкою 3 ділянкою 4, наконечником 5, а також розміщені в порожнині 6 вала 1 труби для підведення 7 й відведення 8 охолоджувальної рідини, при цьому зазначені труби 7 і 8 виконано перфорованими (рис. 1.4.11. – 1.4.12.). Поверхню порожнини 6 вала 1 може бути споряджено поздовжніми шліцами з розміщеним у них заповнювачем 9, теплопровідність якого більша за

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

теплопровідність матеріалу черв'яка, при цьому в заповнювачі 9 поздовжніх шліців по їх довжині виконано розриви 10.

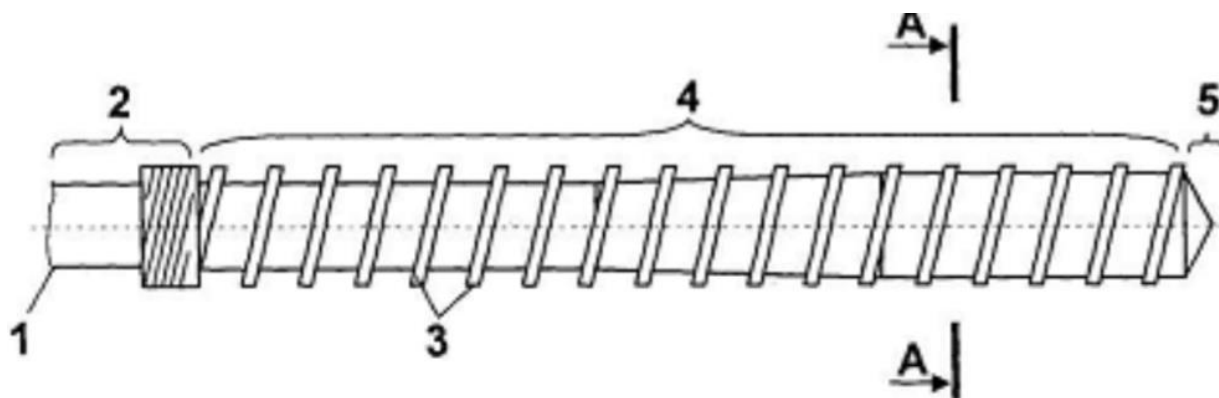


Рис. 1.4.11. - загальний вигляд черв'яка

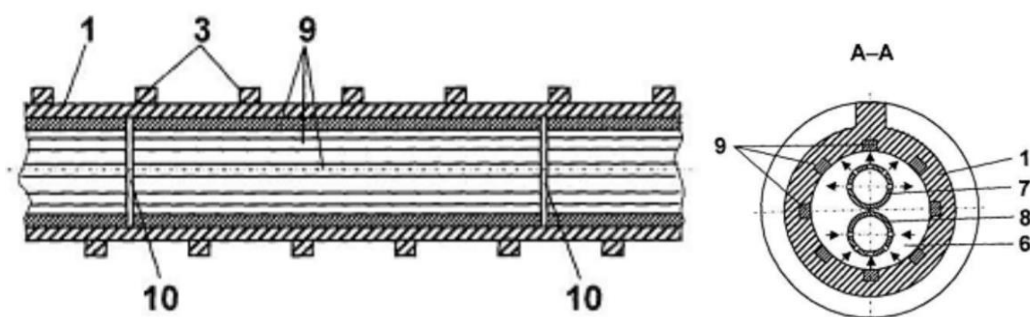


Рис. 1.4.12. - поздовжній розтин черв'яка (труби для підведення й відведення охолоджувальної рідини умовно не показано) та розтин за А-А на рис. 1.4.11.

Пропонована корисна модель суттєво підвищує рівномірність, інтенсивність та ефективність охолодження черв'яка.

В [16] запропоновано удосконалення екструдера за рахунок нової конструкції шнека в зоні стиснення для переробки різномірних композитних вторинних полімерних матеріалів.

Екструдер для переробки різномірних композитних вторинних полімерних матеріалів (рис. 1.4.13.) містить корпус 1, захоплюючий пристрій 2, шнек 3, виконаний у вигляді збірної конструкції. Корпус складається з зони харчування 4, зони стиснення 5, зони дозування 6. У зоні харчування 4 шнек виконаний у вигляді конічної секції, в зоні стиснення 5 шнек складається з бар'єрної секції 7 і секції змішування 8 багатокомпонентної полімерної суміші. У зоні дозування 6, шнек 3 виконаний з двох послідовних частин: з конічної 9 і циліндричної секції 10.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.01-70ПЗ

Арк.

29

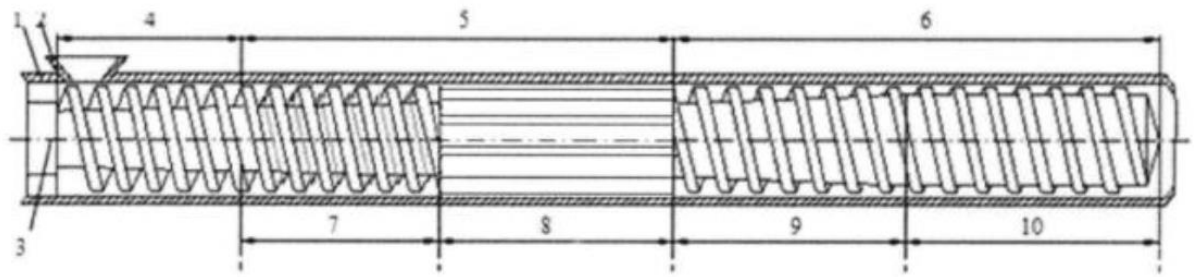


Рис. 1.4.13. - Екструдер

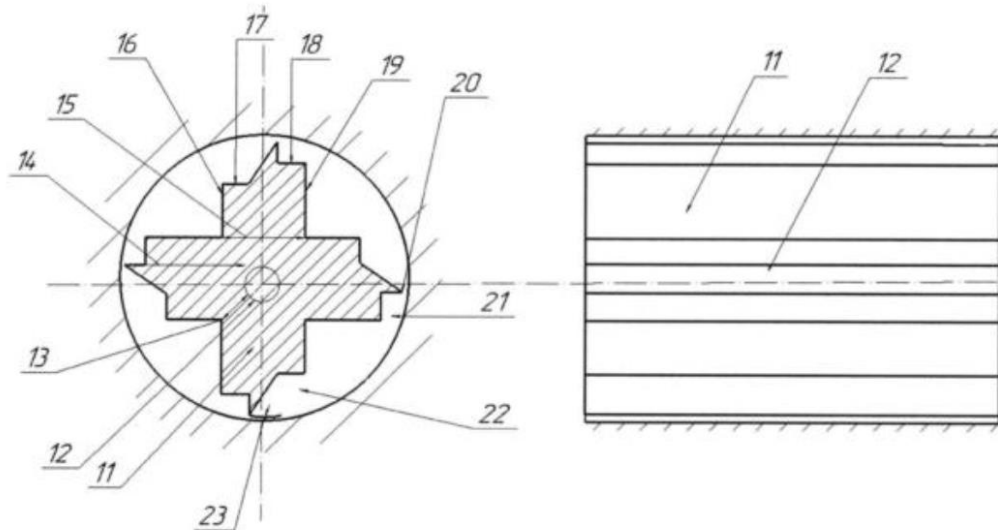


Рис. 1.4.14. - частина шнека з виконаними чотирьохзахідними безперервними пірамідними лопатями змішування

Використання пропонованого екструдера при переробці гумових сумішей дозволяє поєднувати підготовчі операції (наповнення, пресування, змішування, гранулювання) і операцію отримання нових якісних виробів методом екструзії.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.01-70ПЗ

Арк.

30

#### 1.4.1. Обґрунтування доцільності використання рішення для здійснення модернізації черв'ячного екструдера

Провівши огляд інженерних рішень представлених в патентах [10-16] та довідковій літературі з полімерного машинобудування [1-9] і проаналізувавши їх ми зупинили свій вибір на конструктивному рішенні [10].

Винахід відноситься до екструзійного обладнання для виготовлення гумових сумішей для еластомерних виробів, зокрема до безперервно виготовлених еластомерних секцій.

Завданням винаходу є підвищення продуктивності екструдера і розширення його технологічних можливостей, а саме вдосконалення конструкції шнека таким чином, щоб гумова суміш зазнавала підвищення температури за рахунок тепловіддачі до такої міри, що температура екструдата наблизилася до температури вулканізації та дати можливість кращому змішуванню матеріалу для отримання рівномірного стану зшивання гуми.

Відповідно це реалізується тим, що екструдер забезпечений нескінченним шнеком для екструзії, виконаним таким чином, що гумова суміш до досягнення екструзійного інструменту зазнає підвищення температури, що реалізується за допомогою тепловіддачі, тому що температура екструдата наближається до температури вулканізації. Перевага, передбачена винаходом, полягає в тому, що воно позбавляє потреби в складних установках, призначених для підвищення температури після виходу екструдата з екструдера, таких як зсувна головка або установка УВЧ.

Даний патент допоміг розширити комплексність екструзійного агрегата в здатності до обробки різноманітних каучукових сумішей, зокрема до безперервно виготовлених еластомерних секцій.

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона праці включає питання техніки безпеки, усунення причин травматизму та попередження професійних захворювань, нещасних випадків на виробництві; питання правового захисту праці. Основоположним законодавчим документом в галузі охорони праці є Закон України "Про охорону праці", прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року.

Охорона праці [17] – це система правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в умовах трудової діяльності.

На підприємствах даної галузі виробництва проводять інструктаж з техніки безпеки та охорони праці, цих правил зобов'язані дотримуватись всі співробітники.

Працівник зобов'язаний:

- дбати про особисту безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;
- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведіння з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва;
- користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;
- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні методичні огляди.

Перед початком роботи працівник повинен перевірити: роботу вентиляційної системи; наявність захисних огорожень на рухомих частинах обладнання екструдера; перевірити цілісність ізоляції струмоведучих

					<b>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

проводів; наявність і справність з'єднання металевих корпусів обладнання екструдера з шиною захисного заземлення.

Відповідно до закону України про охорону праці в 1992 р., виробничі приміщення, обладнання та технологічні процеси повинні відповідати вимогам, які відповідають безпечним умовам праці. Проектовані машини та механізми повинні відповідати вимогам безпеки та виробничої санітарії. Жодна модель нової машини не може бути введена в серійне виробництво, поки вона не відповідає вимогам охорони праці.

У разі виявлення порушень вимог охорони праці, які створюють загрозу здоров'ю або особистої безпеки, працівник повинен звернутися до керівника робіт і повідомити йому про це; до усунення загрози слід припинити роботу і покинути небезпечну зону.

Оператор повинен контролювати процес перетворення гранул в готовий розплав. Для цього, зокрема, здійснюється спостереження за роботою теплової автоматики. Система повинна забезпечувати підтримання необхідної температури як в кожній з робочих зон екструдера, так і в його елементах, найважливішими з яких є головка і фільтри. На кожен ділянку доводиться свій прилад, що дозволяє більш тонко налаштувати роботу машини і отримати найбільш якісний по однорідності, формі і іншим характеристикам матеріал. Але для найкращого результату необхідний досвід і відповідальність оператора, який зможе відстежити показання приладів і налаштувати їх.

Тема дипломного проекту: «Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу». Екструдер на базі черв'ячного преса 100х30 використовується для обробки гумових сумішей, які потім використовуються в хімічній промисловості для виготовлення гумових виробів. Налаштування технологічного процесу і параметрів контролю здійснюється оператором. В даному розділі дипломного проекту аналізуються умови праці робітника у виробничому приміщенні площею  $S=100$  і об'ємом приміщення  $V=1200$ .

Шкідливими та небезпечними виробничими факторами є:

					<b>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- робоча зона повітря;
- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежна небезпека;
- виробничий шум і вібрації;
- виробниче освітлення;

### 1.5.1. Повітря робочої зони

У виробничому приміщенні працює один робітник-оператор. У нашому випадку, згідно ГОСТ 12.1.005-88, робота оператора відноситься до категорії Іб - легка фізична робота. Ця категорія включає в себе виконувану роботу в положенні сидячи і стоячи або пов'язану з ходьбою, і супроводжується меншою фізичною активністю зі споживанням енергії 121..150ккал/г (140..174 Вт).

Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в таблиці 1.5.1.

					<b>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Таблиця 1.5.1.

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більше	Оптим-альна, не більше	допустима на робочих місцях постійних і непостійних
			Верхня границя		Нижня границя					
			На робочих місцях							
постійних	непостійних	постійних	непостійних							
Холодний період року	Легка - Іб	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	Не більше 0,2
Теплий період року	Легка - Іб	22-24	28	30	21	19	40-60	60(при 27 °С)	0,2	0,1-0,3

Фактичні параметри повітря в робочій зоні виробничого приміщення не перевищують норми. Приміщення обладнане системами опалення та кондиціонування, безперервної подачі і вентиляції, що забезпечує вміст шкідливих речовин в зоні приміщення в допустимих концентраціях. Подача повітря здійснюється в робочій зоні для боротьби з радіаційно-стійкими нагрівачами, встановленими в трьох зонах нагріву, захисту та ізоляції їх від навколишнього середовища за допомогою синтетичних матеріалів, таких як мінеральна вата, і двошарового металевого корпусу з повітряним шаром, який є елементом системи термостабілізації ДЦНЗ.3.6.042-99.

										Арк.
										35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛПП81.057246.01-70ПЗ					

## 1.5.2. Електробезпека

Небезпечний і шкідливий вплив на людей електричного струму, електричної дуги та електромагнітних полів проявляється через ураження електричним струмом у вигляді електротравм і професійних захворювань.

Згідно з ДСТУ 7237:2011 основними причинами нещасних випадків від впливу електричного струму є:

- старіння ізоляції і втрата ізоляційних властивостей;
- помилкове вмикання установки;
- доторкання до відкритих частин електроустаткування, що проводить струм;
- коротке замикання.

У зв'язку з цим основними заходами проти ураження електричним струмом є:

- ізоляція;
- недоступність струмоведучих частин;
- використання спеціальних ізолюючих трансформаторів;
- в особливих випадках перемикачі включення блокуються;
- при роботі з електроінструментами слід використовувати засоби індивідуального захисту, такі як діелектричні рукавички, гумові килимки, ізольовані підставки.

Заборонено:

- розбирати і ремонтувати лінію, не відключаючи мережу;
- допускати потрапляння металевих предметів для запобігання іскріння;
- куріння, запалювання сірників, запалювання відкритого вогню, зварювання;
- залишати працюючу лінію без нагляду;

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- приймати в приміщенні людей, які не навчені і не перевірені на знання техніки безпеки.

Вимоги до заходів захисту від ураження електричним струмом регламентуються згідно ГОСТ 30331.3-95.

### 1.5.3. Пожежна безпека

Категорії відомчих приміщень та будинків за вибухопожежною та пожежною небезпекою визначається відповідно до цього стандарту, відомчих норм технологічного проектування або спеціальних переліків, погоджених та затверджених в установленому порядку, що не понижують вимоги цього стандарту.

За вибухопожежною та пожежною небезпекою приміщення та будинки характеризують за категоріями А, Б, В, Г та Д. На основі цього: приміщення, де знаходиться агрегат відноситься до категорії В згідно вимогам ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

У виробничому цеху, при роботі черв'ячного преса використовуються горючі змащувальні матеріали, цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а дверей на шляху евакуації – не менше 0,8 м, засоби пожежогасіння повинні бути справні та розміщатися у легко доступних місцях.

Можливими причинами пожежі можуть бути:

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

Протипожежні заходи включають вибір негорючих матеріалів і організаційні заходи. Як засоби пожежогасіння використовуються порошкові

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

вогнегасники САМ - 9 (5 шт.). Для гасіння включених електричних мереж ми приймаємо вуглекисневі вогнегасники ОУ-3 у кількості 4 шт.

Під час пожежі спрацьовує пожежна сигналізація - теплові пристрої оповіщення, наприклад, про нещасні випадки. Інформація від детекторів надходить на приймальну станцію. У разі пожежі люди повинні покинути кімнату. Згідно ДБН В.1.1-7:2016, в кімнаті є два евакуаційних виходи.

#### 1.5.4. Шум і вібрації

Джерело шуму при роботі екструдера та іншого устаткування лінії:

- електродвигуни;
- редуктори;
- вали та черв'яки, що обертаються;
- система охолодження.

Під час роботи обладнання значення шуму  $L_{вдж}$  може досягати від 80 до 100 дБА. Прийняття наступних обмежень для захисту від промислового шуму:

- мастило всіх поверхонь тертя, наявність ущільнювачів;
- використання захисних покриттів.

Це знизить рівень шуму, що впливає на персонал протягом робочої зміни, до допустимого  $L=60...65$  дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

Джерелами вібрації є: електродвигун і обертові частини шляху. Сила вібрації починається з неточності установки обертових частин, зі слабким з'єднанням корпусів обертових частин з фундаментом. В цьому випадку виникає технологічна вібрація, яка проходить через поверхні підшипника до оператора. Таким чином, нормальна вібрація не впливає на тіло оператора,

					<b>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

так як знаходиться далеко від фундаменту машини - поруч з панеллю керування.

Зниження вібрації досягається наступними заходами:

- шляхом розміщення лінії на фундамент;
- через використання амортизаторів;
- за рахунок додаткового підкріплення;
- покриття корпусів коробки передач: жорсткі, металеві, на основі алюмінію (оскільки спостерігаються низькочастотні коливання).

### 1.5.5. Виробниче освітлення

Виробниче обладнання повинно бути забезпечене додатковим місцевим освітленням, виконаним відповідно до вимог чинних нормативів (ДБН В.2.5-28:2018), якщо його відсутність може спричинювати перевантаження органів зору або інші небезпеки, пов'язані з експлуатацією цього обладнання.

Допускається розподілення приміщень на зони з боковим освітленням (зони, які примикають до зовнішніх стін з вікнами) і зони з верхнім освітленням. Нормування та розрахунок природного освітлення в кожній зоні проводиться незалежно одне від одного.

У виробничих приміщеннях із зоровою роботою I-III розрядів слід використовувати суміщене освітлення. Допускається застосовувати верхнє природне освітлення у цехах, де роботи виконуються в значній частині об'єму приміщення на різних рівнях підлоги і на різноорієнтованих у просторі робочих поверхнях. При цьому нормовані значення КПО (коефіцієнт природної освітленості) приймаються для розрядів I, II, III відповідно 10; 7; 5 %.

					<b>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Природне освітлення передбачене для приміщення - бокове освітлення (крізь отвори в зовнішніх стінах), а для штучного освітлення приміщень підприємство використовує газорозрядні лампи або лампи розжарювання.

Використання ламп розжарювання для загального освітлення допускається тільки у випадках неможливості використання розрядних ламп і світлодіодних джерел світла. Застосування ксенонових ламп у приміщеннях не дозволяється.

Лампи створюють світло, що за яскравістю наближається до природного. Виходячи з цього, у приміщенні є 30 галогенних ламп типу ДР4-400 (400 Вт), що збільшує кількість освітленості до 350 лк, тому приміщення відповідає ДБН В.2.5-28:2018.

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

					<b>ЛПП81.057246.01-70ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

## 1.6. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ

Результатом модернізації корпусу, а саме додавання ізолюючих кілець між секціями корпусу, створюється додатковий термічний опір, підвищується якість виготовленої продукції (гумової суміші, композитів), що призводить до рівномірного розподілу температури по корпусу, завдяки чому зменшується руйнування корпусу екструдера .

Модернізація шнеку (поступово змінює кут навивки на 7-14° за рахунок чого в зоні гомогенізації крок спіралі в двічі менший, ніж в зоні завантаження) дозволяє збільшити температуру за рахунок тертя між витками і корпусом в зоні гомогенізації, що наближає температуру оброблюваного матеріалу до стану вулканізації.

Дані модернізації дозволяють підвищення температури гуми і наближення до температури вулканізації, щоб отримати рівномірний стан зшивання гуми, що прозводить до зменшення браку, відповідно економії коштів.

Висновки: Дані модернізації дозволяють підвищення температури гуми і наближення до температури вулканізації, щоб отримати рівномірний стан зшивання гуми, що прозводить до зменшення браку, відповідно економії коштів.

					ЛПП81.057246.01-70ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Розділ II «РОЗРАХУНКИ»**  
**до дипломного проекту**  
**на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією**  
**корпусу»**

Київ – 2021 року

## ЗМІСТ

2.1.	ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНОКИ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ	44
2.1.1.	Розрахунок геометричних параметрів черв'яка до модернізації	44
2.1.2.	Розрахунок геометрії шнека після модернізації	45
2.1.3.	Розрахунок черв'яка на міцність та жорсткість	45
2.2.	ПРОДУКТИВНІСТЬ МАШИНИ ПО ЗОНІ ДОЗУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ГОЛОВКИ	50
2.2.1.	Визначення коефіцієнта геометричної форми головки	50
2.2.2.	Розрахунок перепаду тиску в головці	53
2.3.	РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ	57
2.4.	ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ	58
2.5.	РОЗРАХУНОК КОРПУСУ НА МІЦНІСТЬ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ	61
2.6.	РОЗРАХУНОК НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ПРОЕКТУВАННЯ 3D МОДЕЛІ В ПРОГРАММІ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ «ANSYS»	64
2.7.	РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА ЗА ДОПОМОГОЮ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ FORTRAN	69

					<b>ЛПП81.057246.02-70PP</b>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу. Розрахунки					
Розроб.		Мацагор						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Панов							43	
Керівник								КПП ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, ЛП-п81		
Н. Контр.										
Затверд.		Гондляр								

## 2.1. ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ

### 2.1.1. Розрахунок геометричних параметрів черв'яка до модернізації

На рис. 2.1.1.1. представлено загальний вигляд черв'яка екструдера [1-3].

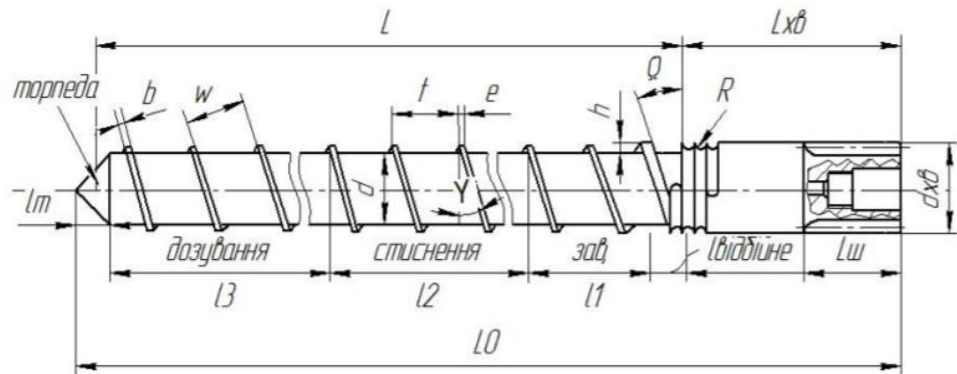


Рис. 2.1.1.1.– Черв'як черв'ячної машини

Довжина гвинтової частини черв'яка [18]:

$$L = 30 \cdot D = 30 \cdot 100 = 3000 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.1.)$$

Довжина зони завантаження:

$$l_1 = (4 \dots 7) \cdot D = 6 \cdot 100 = 600 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.2.)$$

Довжина зони дозування:

$$l_2 = (3 \dots 8) \cdot D = 7 \cdot 100 = 700 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.3.)$$

Довжина зони стискання:

$$l_3 = L - (l_1 + l_2) = 3000 - (600 + 700) = 1700 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.4.)$$

Товщина витка:

$$l = (0.06 \dots 0.12) \cdot D = 0.1 \cdot 100 = 10 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.5.)$$

Крок гвинтової навивки:

$$t = (0.8 \dots 1.2) \cdot D = 1 \cdot 100 = 100 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.6.)$$

Глибина нарізки черв'яка:

$$h_1 = (0.12 \dots 0.16) \cdot D = 0.12 \cdot 100 = 12 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.7.)$$

Діаметр черв'яка в зоні завантаження:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.02-70PP

Арк.

44

$$d_1 = D - 2h_1 = 100 - 2 \cdot 12 = 76 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.8.)$$

Діаметр черв'яка в зоні дозування:

$$d_2 = D - 2h_2 = 100 - 2 \cdot 4 = 92 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.9.)$$

Глибина нарізки в зоні дозування:

$$h_2 = \frac{1}{2} \cdot \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i} \cdot (D - h_1)} \right] =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left[ 100 - \sqrt{100^2 - \frac{4 \cdot 12}{2.7} \cdot (100 - 12)} \right] = 4 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.10.)$$

де  $i$  — коефіцієнт стискання, приймаємо  $i=2.7$ .

Довжина циліндричної зони хвостовика:

$$l_4 = (0.7 \dots 1.5) \cdot D = 1.5 \cdot 100 = 150 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.11.)$$

Довжина шліцевої частини:

$$l = (1 \dots 2) \cdot D = 2 \cdot 100 = 200 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.12.)$$

Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу:

$$\delta = (0.002 \dots 0.003) \cdot D = 0.003 \cdot 100 = 0.3 \text{ (мм)} \quad (2.1.1.13.)$$

### 2.1.2. Розрахунок геометрії шнека після модернізації

Модернізація шнека поступово змінює кут навивки на  $7-14^\circ$  за рахунок чого в зоні гомогенізації крок спіралі в двічі менший, ніж в зоні завантаження, як видно на кресленні [ЛПП81.057242.003-70СК].

### 2.1.3. Розрахунок черв'яка на міцність та жорсткість

Черв'як є основним робочим органом черв'ячних екструдерів і від правильного вибору його конструкції значною мірою залежить якість

					ЛПП81.057246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

переробки матеріалу і продуктивність машини. Черв'яки складаються здебільшого з двох частин: робочої (із гвинтовою нарізкою) і хвостовика.

Конфігурація робочої частини безпосередньо впливає на хід технологічних операцій, які мають місце в машині, і має забезпечувати оптимальні умови для їх проходження.

Конструкція хвостовика має забезпечувати передачу крутного моменту на черв'як, передачу осьового зусилля на упорний підшипник, циркуляцію термостатичної рідини в осьовому каналі (за його наявності) і запобігати проходженню перероблюваного матеріалу до приводу машини [1].

Загальний вигляд черв'яка представлено на рис. 2.1.3.1. разом з епюрами напружень.

Розрахунок крутного моменту [19]:

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 85}{140} = 5.8 \cdot 10^3 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (2.1.3.1.)$$

де  $N=85$  (кВт) – потужність, яка споживається черв'яком;  
 $n=140$ (об/хв) – швидкість обертання черв'яка.

Осьове зусилля:

$$P_{ос} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 5.8 \cdot 10^3}{0.1} = 116 \text{ (кН)} \quad (2.1.3.2.)$$

де  $D=0.1$  (м) – зовнішній діаметр черв'яка.

Розподілене навантаження від власної ваги черв'яка:

$$q = \frac{9.81 \cdot G}{l_p} = \frac{9.81 \cdot 184.3}{3} = 603 \text{ (Н/м)} \quad (2.1.3.3.)$$

де  $G$  – маса черв'яка (кг);  $l_p = 1.89$  – довжина робочої частини (м).

Маса черв'яка:

$$G = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3.14 \cdot 0.1^2}{4} \cdot 7826 \cdot 3 = 184.3 \text{ (кг)} \quad (2.1.3.4.)$$

$$M_{max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_p^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.603 \cdot 3^2 = 2.71 \text{ (кН)} \quad (2.1.3.5.)$$

Осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.092^3 \cdot (1 - 0.83^4)}{32} = 4.01 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^3\text{)} \quad (2.1.3.6.)$$

Стискальне напруження в тілі черв'яка виникає від осьової сили та згинального моменту, спричиненого його вагою. Перша складова

										Арк.
										46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛПП81.057246.02-70PP					

напруження рівномірна по перерізу, а друга змінюється від розтягувальної у верхній частині перерізу до стискальної в нижній. Тому величина стискального напруження має найбільше значення на нижніх волокнах і розраховується за формулою:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{116}{2.1 \cdot 10^{-3}} + \frac{2.71}{4.01 \cdot 10^{-5}} = 5.53 \cdot 10^7 \text{ (Па)} = 55,3 \text{ (МПа)} \quad (2.1.3.7.)$$

де  $F$  – площа небезпечного перерізу (під завантажувальною лійкою, у місці початку нарізки, де найбільші навантаження та найменша площа, без урахування площі перерізу витків),  $\text{м}^2$ .

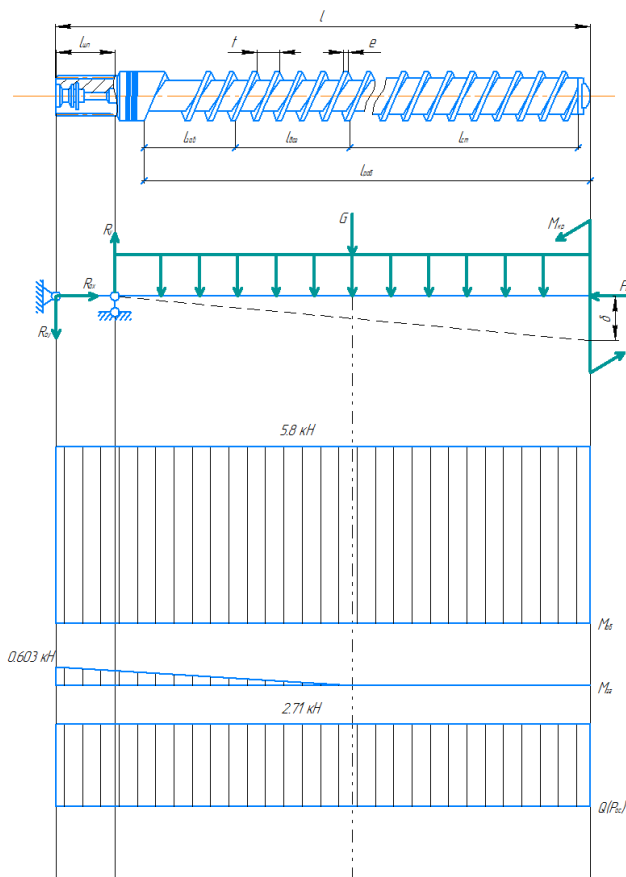


Рис. 2.1.3.1. – Розрахункова схема черв'яка та епюри напружень

Площа небезпечного перерізу:

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot (1 - \alpha^2) = \frac{3.14 \cdot 0.092^2}{4} \cdot (1 - 0.83^2) = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.1.3.8.)$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0.076}{0.092} = 0.83 \quad (2.1.3.9.)$$

де  $d_1$  – діаметр осердя в зоні завантаження,  $d_0$  – діаметр каналу для охолодження, м.

Дотичне напруження:





## 2.2. ПРОДУКТИВНІСТЬ МАШИНИ ПО ЗОНІ ДОЗУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ГОЛОВКИ

Головка екструдера - це знімний технологічний інструмент, призначений для оформлення екструдіруемого розплаву в погонажний виріб, конфігурація поперечного перерізу якого визначається геометрією формуючого каналу. 3D модель екструзійної головки представлено на рис. 2.2.1.

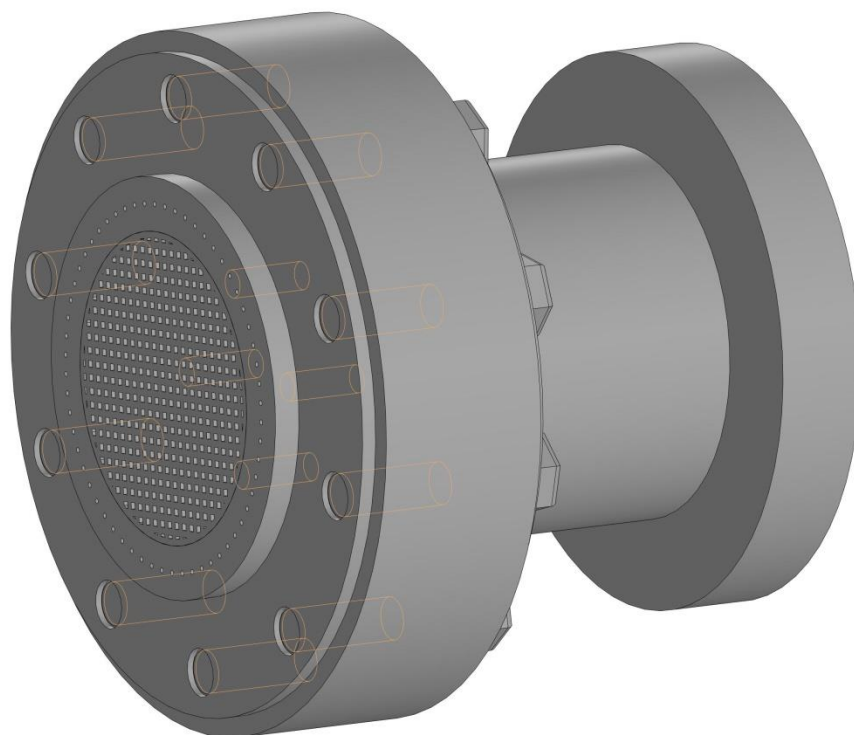


Рис. 2.2.1. – 3D модель екструзійної головки

### 2.2.1. Визначення коефіцієнта геометричної форми головки

Більшість екструзійних головок мають канали, що складаються із вхідних, розподільвальних і формувальних ділянок.

					ЛПП81.057246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Канал головки розбивається на ряд послідовних ділянок простої геометрії, які виділені різними кольорами (рис. 2.2.1.1.), для кожного з яких визначається коефіцієнт геометричної форми  $K$ ,  $m^3$  або  $mm^3$ , а потім сумарне значення для всієї головки [18]:

$$K_{\text{заг}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5}} \quad (2.2.1.1)$$

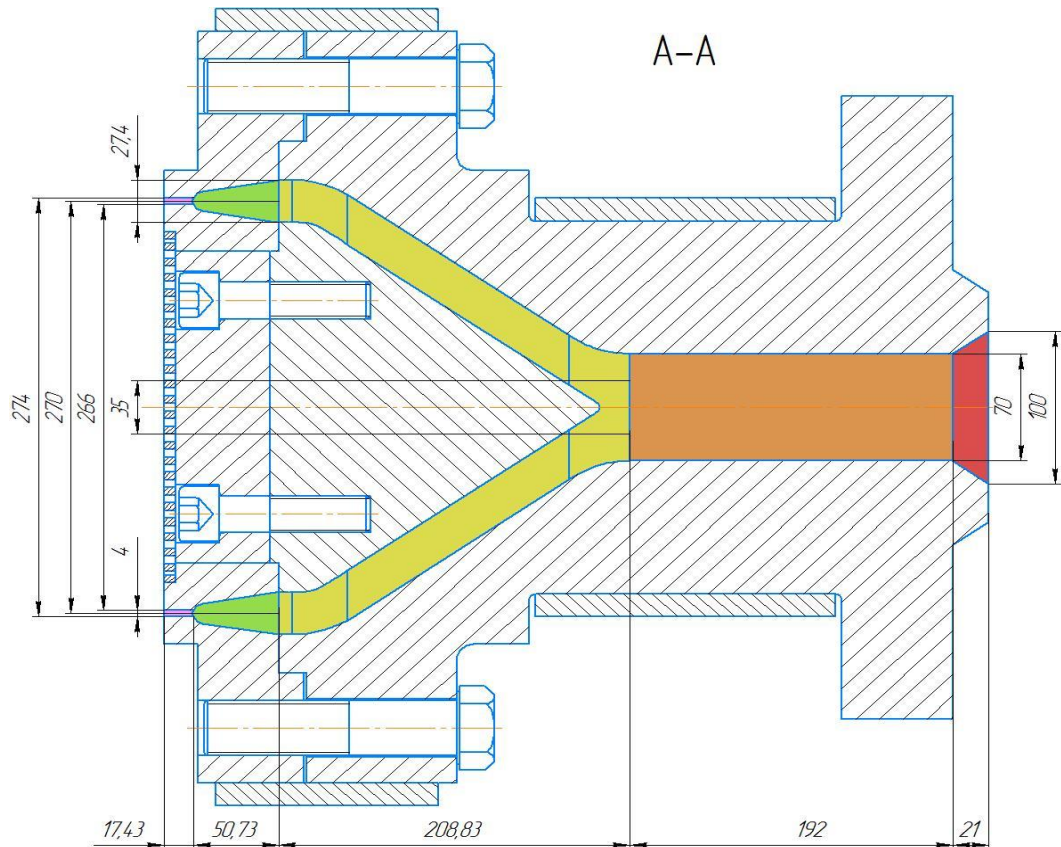
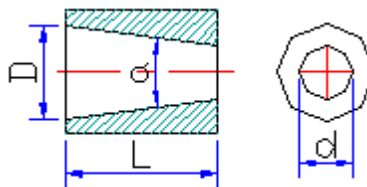


Рис. 2.2.1.1. – Розрахункова схема екструзійної головки

Ділянка 1 (червона):

Круглий конічний канал з великим діаметром на вході



де  $D$ ,  $d$  – діаметр каналу, мм;  $D = 100$  мм,  $d = 70$  мм;

$L$  – довжина каналу, мм;  $L = 21$  мм,

$$K_1 = \frac{3 \cdot \pi \cdot D^3 \cdot d^3}{128 \cdot L \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)} = \frac{3 \cdot \pi \cdot 100^3 \cdot 70^3}{128 \cdot 21 \cdot (100^2 + 100 \cdot 70 + 70^2)} = 54887.27 \text{ мм}^3 \quad (2.2.1.2.)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

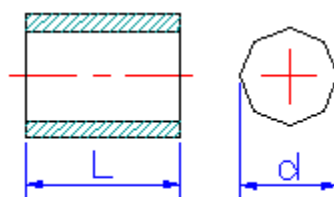
ЛПП81.057246.02-70PP

Арк.

51

Ділянка 2 (помаранчева):

Круглий циліндровий канал



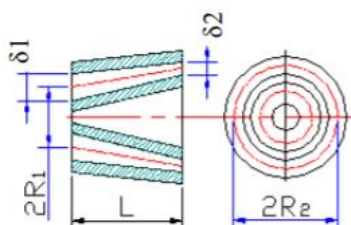
де  $d$  – діаметр каналу, мм;  $d = 70$  мм;

$L$  – довжина каналу, мм;  $L = 192$  мм,

$$K_2 = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L} = \frac{\pi \cdot 70^4}{128 \cdot 192} = 3067.68 \text{ мм}^3 \quad (2.2.1.3.)$$

Ділянка 3 (жовта):

Конічний кільцевий канал з конічної щілиною



де  $L$  – довжина каналу, мм;  $L = 208.83$  мм;

$2R_2, 2R_1$  – радіус каналу, мм;  $2R_2 = 270$  мм,  $2R_1 = 35$  мм;

$\delta_2, \delta_1$  – діаметр конічної щілини, мм:  $\delta_2 = 27.4$  мм,  $\delta_1 = \frac{70}{2} = 35$  мм,

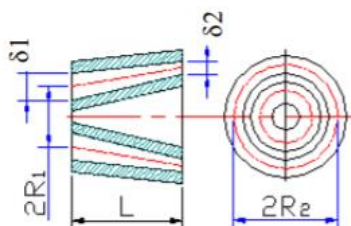
$$K_3 = \frac{\pi \cdot (R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot \omega} = \frac{3.14 \cdot (17.5 \cdot 27.4 - 135 \cdot 35)}{6 \cdot 208.83 \cdot (-0.0022)} = 4836.06 \text{ мм}^3 \quad (2.2.1.4.)$$

$$\omega = \frac{2.3 \cdot (R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1} - \frac{(R_1 - R_2) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2} = \frac{2.3 \cdot (17.5 - 135)^2}{(17.5 \cdot 27.4 - 135 \cdot 35)^2}.$$

$$\lg \frac{17.5 \cdot 27.4}{135 \cdot 35} - \frac{(17.5 - 135) \cdot (35 - 27.4)}{(17.5 \cdot 27.4 - 135 \cdot 35) \cdot 35 \cdot 27.4} - \frac{35^2 - 27.4^2}{2 \cdot 35^2 \cdot 27.4^2} = -0.0022 \quad (2.2.1.5.)$$

Ділянка 4 (зелена):

Конічний кільцевий канал з конічної щілиною



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.02-70PP

Арк.

52

де  $L$  – довжина каналу, мм;  $L = 50.73$  мм;

$2R_2, 2R_1$  – радіус каналу, мм;  $2R_2 = 270$  мм,  $2R_1 = 270$  мм;

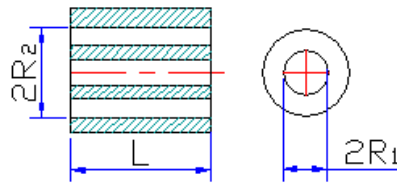
$\delta_1, \delta_2$  – діаметр конічної щілини, мм:  $\delta_1 = 4$  мм,  $\delta_2 = 27.4$  мм,

$$K_4 = \frac{\pi \cdot (R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot \omega} = \frac{3.14 \cdot (135 \cdot 27.4 - 135 \cdot 4)}{6 \cdot 50.73 \cdot 0.031} = 1051.24 \text{ мм}^3 \quad (2.2.1.6.)$$

$$\omega = \frac{2.3 \cdot (R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1} - \frac{(R_1 - R_2) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2} = \frac{2.3 \cdot (135 - 135)^2}{(135 \cdot 27.4 - 135 \cdot 4)^2} \cdot \lg \frac{135 \cdot 27.4}{135 \cdot 4} - \frac{(135 - 135) \cdot (4 - 27.4)}{(135 \cdot 27.4 - 135 \cdot 4) \cdot 4 \cdot 27.4} - \frac{4^2 - 27.4^2}{2 \cdot 4^2 \cdot 27.4^2} = 0.031 \quad (2.2.1.7.)$$

Ділянка 5 (рожева):

Кільцевий канал



де  $2R_2, 2R_1$  – радіус каналу, мм;  $2R_2 = 274$  мм,  $2R_1 = 266$  мм

$L$  – довжина каналу, мм;  $L = 17.43$  мм,

$$K_5 = \frac{\pi \cdot (R_2 + R_1) \cdot (R_2 - R_1)^3}{12 \cdot L} = \frac{3.14 \cdot (137 + 133) \cdot (137 - 133)^2}{12 \cdot 17.43} = 259.41 \text{ мм}^3 \quad (2.2.1.8.)$$

Розрахунок сумарного коефіцієнта геометричної форми екструзійної

ГОЛОВКИ:

$$K_{\text{зар}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5}} = \frac{1}{\frac{1}{54887.27} + \frac{1}{3067.68} + \frac{1}{4836.06} + \frac{1}{1051.24} + \frac{1}{259.41}} = 186.67 \text{ мм}^3 \quad (2.2.1.9.)$$

## 2.2.2. Розрахунок перепаду тиску в головці

Експериментально встановлено, що термопласти і каучук в чистому вигляді і у вигляді полімерної термопластичної композиції і гумової суміші в стані розплаву є псевдопластичними рідинами, в'язкість якої можна визначити за формулою [20]:

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛПП81.057246.02-70PP					53

$$\mu = m \cdot \gamma^{n-1}, \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right) \quad (2.2.2.1.)$$

де  $m$  – коефіцієнт консистенції;

$\gamma$  – швидкість зсуву,  $\text{с}^{-1}$ ;

$n$  – індекс течії, який являє собою кутовий коефіцієнт:

$$n = \frac{\delta \log \tau}{\delta \log \gamma} \quad (2.2.2.2.)$$

Для кожної ділянки постійної геометрії визначають швидкість зсуву  $\gamma$ , після якої з графіка, формули або табличних даних визначають в'язкість  $\mu$ , і за попередньо знайденими продуктивністю і коефіцієнтом геометричної форми – перепад тиску.

$$\Delta P_i = \frac{Q \cdot \mu_i}{K_i}, (\text{Па}); \quad (2.2.2.3.)$$

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5, (\text{Па}) \quad (2.2.2.4.)$$

Характеристика матеріалу [20] представлена в таблиці 2.2.2.1.:

Таблиця 2.2.2.1.

Еластомер	Температура	Коефіцієнт консистенції	Індекс течії
Каучук синтетичний	95 °C	1900 Па·с	0.7

Згідно з даних про матеріал [17], розраховуємо перепад тиску на кожній ділянці:

Ділянка 1 (червона):

Круглий конічний канал з великим діаметром на вході

$$\gamma_1 = \frac{256 \cdot Q}{\pi \cdot (D^3 + d^3)} = \frac{256 \cdot 52292.36}{3.14 \cdot (100^3 + 70^3)} = 3.17 (\text{с}^{-1}) \quad (2.2.2.5.)$$

$$\mu_1 = m \cdot \gamma_1^{n-1} = 1900 \cdot 3.17^{0.7-1} = 1343.6 (\text{Па} \cdot \text{с}) \quad (2.2.2.6.)$$

$$\Delta P_1 = \frac{Q \cdot \mu_1}{K_1} = \frac{52292.36 \cdot 1343.6}{54887.27} = 1280.08 (\text{Па}) \quad (2.2.2.7.)$$

Ділянка 2 (помаранчева):

Круглий циліндровий канал



Загальний перепаду тиску в екструзійній головці:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 = 1280.08 + 28375.62 + 23644.37 + 85511.65 + 152545.28 = 291357 \text{ (Па)} = 0.29 \text{ (МПа)}$$

(2.2.2.20.)

					ЛПП81.057246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

### 2.3. РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ

Вагова продуктивність агрегату визначаємо згідно методики [18]:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K \cdot n}{K + \beta + \gamma}, \left( \frac{\text{мм}^3}{\text{хв}} \right) \quad (2.3.1.)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт прямого потоку:

$$\alpha = \frac{\pi \cdot D \cdot h_2 \cdot (t - e) \cdot \cos(\varphi)^2}{2} = \frac{3.14 \cdot 100 \cdot 4.08 \cdot (100 - 10) \cdot \cos(0.308)^2}{2} = 52352.22 \left( \text{мм}^3 \right) \quad (2.3.2.)$$

звідки  $\varphi$  - кут нахилу лінії нарізки:

$$\varphi = \text{atan} \left( \frac{t}{\pi \cdot D} \right) = \text{atan} \left( \frac{100}{3.14 \cdot 100} \right) = 0.308 \text{ (рад)} \quad (2.3.3.)$$

$\beta$  - коефіцієнт зворотного потоку:

$$\beta = \frac{h_2^3 \cdot (t - e) \cdot \sin(2 \cdot \varphi)}{24 \cdot l_2} = \frac{4.08^3 \cdot (100 - 10) \cdot \sin(2 \cdot 0.308)}{24 \cdot 700} = 0.21 \left( \text{мм}^3 \right) \quad (2.3.4.)$$

$\gamma$  - коефіцієнт потоку витоків:

$$\gamma = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^3 \cdot \tan(\varphi) \cdot \sin(\varphi)}{10 \cdot e \cdot l_2} = \frac{3.14^2 \cdot 100^2 \cdot 0.3^3 \cdot \tan(0.308) \cdot \sin(0.308)}{10 \cdot 10 \cdot 700} = 3.67 \times 10^{-3} \left( \text{мм}^3 \right) \quad (2.3.5.)$$

$K$  - сумарний коефіцієнт геометричної форми екструзійної головки.

$K_{\text{зар}} = 186.67 \text{ мм}^3$ ;  $n$  – оберти за хвилину,  $n = 60 \text{ об/хв}$ .

Об'ємна секундна продуктивність:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K_{\text{зар}} \cdot n}{K_{\text{зар}} + \beta + \gamma} = \frac{52352.22 \cdot 186.67 \cdot \frac{60}{60}}{186.67 + 0.21 + 0.00367} = 52292.36 \left( \frac{\text{мм}^3}{\text{с}} \right) \quad (2.3.6.)$$

Вагова продуктивність:

$$\Pi = 3600 \cdot Q \cdot \rho \cdot 10^{-9} = 3600 \cdot 52292.36 \cdot 1040 \cdot 10^{-9} = 195.78 \left( \frac{\text{кг}}{\text{год}} \right) \quad (2.3.7.)$$

Розрахунки, переважно, порашовані в програмі Mathcad 15 для зручності.

## 2.4. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОЇ МАШИНИ

Тепловий баланс черв'ячного екструдера можна записати у вигляді[18]:

$$Q_N + Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k \cdot t_{п}) + Q_o + Q_{втр} \quad (2.4.1.)$$

де  $Q_{втр}$  – втрати теплоти в навколишнє середовище;  $Q_N$  – потужність, що виділяється в результаті дисипації механічної енергії, Вт:

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 50 \cdot 10^3 \cdot 0.95 \cdot 0.92 \cdot 0.8 = 34.96 \text{ (кВт)} \quad (2.4.2.)$$

де  $N$  – потужність встановленого електродвигуна, Вт;  $\eta_1$  – К.К.Д. приводу машини;  $\eta_2$  – К.К.Д. електродвигуна;  $\eta_3$  – К.К.Д. перетворення механічної енергії в теплову (зазвичай беруть 0,75–0,8);  $Q_{N1}$  – кількість теплоти, що підводиться до корпусу електронагрівниками, Вт;  $G_M$  – масова продуктивність екструдера, кг/с;  $C_M$  – питома масова теплоємність полімеру, Дж/(кг К);  $t_k$  – температура, до якої потрібно нагрівати полімер, °С;  $t_{п}$  – температура, з якою полімер надходить в екструдер, °С;  $Q_o$  – кількість теплоти, що відводиться водою, яка охолоджує черв'як.

$$Q_o = G_B \cdot C_B \cdot \Delta t_B = 6.28 \cdot 4218 \cdot 283 = 7.5 \cdot 10^6 \text{ (Вт)} = 7.5 \text{ (кВт)} \quad (2.4.3.)$$

де  $G_B$  – витрата води, кг/с;  $C_B$  – питома теплоємність води, Дж/(кг К);  $\Delta t_B$  – перепад температур води між входом та виходом, для попереднього розрахунку приймається рівним 5–10 °С.

Витрата води приймається таким чином, щоб її швидкість в охолоджувальному каналі  $v$  не перевищувала 0,1–0,8 м/с. Тоді її можна визначити з рівняння:

$$G_B = f \cdot v \cdot \rho = 0.0628 \cdot 0.1 \cdot 1000 = 6.28 \text{ (кг/с)} \quad (2.4.4.)$$

де  $f$  – площа перерізу охолоджувального каналу, м<sup>2</sup>;  $\rho$  – густина води, кг/м<sup>3</sup>.

Втрати теплоти в навколишнє середовище:

$$Q_{втр} = Q_k + Q_{випр} = 425.87 + 689.96 = 1115.83 \text{ (Вт)} \quad (2.4.5.)$$

					ЛПП81.057246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



$$\text{GrPr} = (0.7 \cdot 10^7) \cdot 0.699 = 4.89 \times 10^6 \quad (2.4.13.)$$

Втрати теплоти в навколишнє середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 5.67 \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] = 5.67 \cdot 0.6 \cdot 1.85 \cdot \left[ \left( \frac{368}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right] = 689.96 \text{ (Вт)}$$

(2.4.14.)

					ЛПП81.057246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## 2.5. РОЗРАХУНОК КОРПУСУ НА МІЦНІСТЬ ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ

Корпус є одним з найголовніших вузлів черв'ячного екструдера. Він має забезпечувати завантаження матеріалу, потрібний тепловий режим у всіх технологічних зонах та надходження підготовленого розплаву до формувального пристрою із заданими тиском і температурою. Всередині корпусу обертається черв'як. З боку приводу черв'яка до корпусу прикріплюється завантажувальний пристрій і вузол упорного підшипника, який сприймає осьові зусилля, що діють на черв'як з боку перероблюваного матеріалу. Корпус має забезпечити дію внутрішнього тиску (який може досягати 200 МПа і навіть більше), достатню зносостійкість та корозійну стійкість внутрішньої робочої поверхні, а також ефективний перенос теплоти від нагрівників до матеріалу в режимі розігріву машини, і у зворотному напрямку в режимі охолодження. Корпус черв'ячного екструдера зазвичай представляє собою товстостінний циліндр зі заданим внутрішнім діаметром, який є базовим параметром машини [1-3].

Вихідні дані:

$D_1 = 100$  (мм) – внутрішній діаметр гільзи

$D_2 = 116$  (мм) – зовнішній діаметр гільзи

$D_3 = 216$  (мм) – зовнішній діаметр корпусу

$\sigma_{\text{TK}} = 690$  (МПа) – межа плинності корпусу

$\sigma_{\text{T2}} = 850$  (МПа) – межа плинності гільзи

$n = 2$  (хв<sup>-1</sup>) – частота обертів

$P = 50$  (МПа) – тиск розплаву

$\eta = 0.92$  – ККД двигуна

$\mu = 0.25$  – коефіцієнт Пуансона

$N$  Потужність приводу 55 кВт

Розтяжне зусилля [18]:

$$Q = \frac{P \cdot \pi \cdot D_1}{4} = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 3.14 \cdot 0.1^2}{4} = 3.925 \cdot 10^5 \text{ (Н)} \quad (2.5.1.)$$

					<b>ЛПП81.057246.02-70PP</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Напруження від осьової сили:

$$\sigma_z = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (D_3^2 - D_2^2)} = \frac{4 \cdot 3.925 \cdot 10^5}{3.14 \cdot (0.216^2 - 0.116^2)} = 1.51 \cdot 10^7 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right) \quad (2.5.2.)$$

де  $S$  – площа перерізу корпусу,  $\text{м}^2$ .

Момент обертання, що діє на циліндр:

$$M_{\text{вр}} = 162.3 \cdot \frac{N}{n} \cdot \eta = 162.3 \cdot \frac{50}{2} \cdot 0.92 = 3.73 \cdot 10^3 \text{ (Н} \cdot \text{м)} = 3.73 \text{ (кН} \cdot \text{м)} \quad (2.5.3.)$$

де  $N$  – потужність, яка споживається черв'яком, Вт;  $n$  – швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Відношення діаметрів:

$$\alpha = \frac{D_2}{D_3} = \frac{0.116}{0.216} = 0.537 \quad (2.5.4.)$$

Момент опору розрахункового перерізу корпусу:

$$W = \frac{\pi \cdot D_3^3}{16} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{3.14 \cdot 0.216^3}{16} \cdot (1 - 0.537^4) = 1.81 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)} \quad (2.5.5.)$$

Дотичне напруження від крутного моменту в розрахунковому перерізі:

$$\tau_{\text{вр}} = \frac{16 \cdot M_{\text{вр}}}{W} = \frac{16 \cdot 3.732 \cdot 10^3}{1.81 \cdot 10^{-4}} = 3.299 \cdot 10^7 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right) \quad (2.5.6.)$$

де  $W$  – момент опору розрахункового перерізу корпусу ( $\text{м}^3$ ).

Приведена напруга по третій теорії міцності:

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{\sigma_z^2 + 4 \cdot \tau_{\text{вр}}^2} = \sqrt{(1.51 \cdot 10^7)^2 + 4 \cdot (3.299 \cdot 10^7)^2} = 6.8 \cdot 10^7 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right) \quad (2.5.7.)$$

Запас міцності:

$$n_{\sigma} = \frac{[\sigma_t]}{\sigma_{\text{пр}}} = \frac{690 \cdot 10^6}{6.8 \cdot 10^7} = 10 \geq [n] = 1.4 \quad (2.5.8.)$$

Відношення діаметрів:

$$k_1 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{0.1}{0.116} = 0.862 \quad (2.5.9.)$$

$$k_2 = \frac{D_2}{D_3} = \frac{0.116}{0.216} = 0.537 \quad (2.5.10.)$$

Контактний тиск:

$$\sigma_k = \left( \frac{2 \cdot D_p \cdot k_1^2}{1 - k_1^2} + \mu \cdot \sigma_t \right) \cdot \frac{(1 - k_1^2) \cdot (1 - k_2^2)}{2(1 - k_1^2 \cdot k_2^2)} = \left( \frac{2 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 0.862^2}{1 - 0.862^2} + 0.25 \cdot 1.51 \cdot 10^7 \right) \cdot \frac{(1 - 0.862^2) \cdot (1 - 0.537^2)}{2(1 - 0.862^2 \cdot 0.537^2)} = 3.409 \cdot 10^7 \text{ (Н/м}^2\text{)} \quad (2.5.11.)$$

									Арк.
									62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛПП81.057246.02-70PP				

Тангенціальна напруга від контактної напруги:

$$\sigma_t = \sigma_k \cdot \frac{1+k_2^2}{1-k_2^2} = 3.4 \cdot 10^7 \cdot \frac{1+0.5^2}{1-0.5^2} = 6.2 \cdot 10^7 (\text{Н/м}^2) \quad (2.5.12.)$$

Еквівалентна напруга в шарі сполучення циліндра і гільзи:

$$\sigma'_{\text{екв}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sigma_k}{1-k_2^2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3.4 \cdot 10^7}{1-0.537^2} = 8.297 \cdot 10^7 (\text{Н/м}^2) \quad (2.5.13.)$$

Еквівалентна напруга внутрішньої поверхні гільзи:

$$\sigma_r = 0$$

$$\sigma_t = -\sigma_k \cdot \frac{2}{1-k_1^2} = -3.4 \cdot 10^7 \cdot \frac{2}{1-0.862^2} = -2.7 \cdot 10^8 (\text{Н/м}^2) \quad (2.5.14.)$$

Напруга від дії гідростатичного тиску розплаву на внутрішній поверхні гільзи:

$$\sigma_r^r = P_p = 50 \cdot 10^6 (\text{Н/м}^2) \quad (2.5.15.)$$

$$\sigma_t^r = P_p \cdot \frac{1+k_1^2}{1-k_2^2} = 50 \cdot 10^6 \cdot \frac{1+0.862^2}{1-0.537^2} = 6.8 \cdot 10^7 (\text{Н/м}^2) \quad (2.5.16.)$$

Сумарні напруги:

$$\sigma_t^\Sigma = \sigma_t^r + \sigma_t^H = 6.8 \cdot 10^7 - 2.7 \cdot 10^8 = -2.02 \cdot 10^8 (\text{Н/м}^2) \quad (2.5.17.)$$

Сумарна еквівалентна напруга по енергетичній теорії міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sigma'_{\text{екв}} + \sigma''_{\text{екв}} = \frac{\sqrt{3} \cdot P_p}{1-k_1^2} - \frac{2 \cdot \sigma_k}{1-k_1^2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 50 \cdot 10^6}{1-0.862^2} - \frac{2 \cdot 3.4 \cdot 10^7}{1-0.862^2} = 7.2 \cdot 10^7 (\text{Н/м}^2) \quad (2.5.18.)$$

Запас міцності по границі текучості:

$$n_\sigma' = \frac{[\sigma_t]}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{690 \cdot 10^6}{7.2 \cdot 10^7} = 9.58 > [n_\sigma] \quad (2.5.19.)$$

де  $\sigma_T$  – границя плинності, МПа.

Можемо зробити висновок, що корпус екструдера ЧП100х30 вибраний вірно.

## 2.6. РОЗРАХУНОК НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ПРОЕКТУВАННЯ 3D МОДЕЛІ В ПРОГРАММІ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ “ANSYS”

На рис. 2.6.1. зображено 3D модель модернізації корпусу з черв'яком.

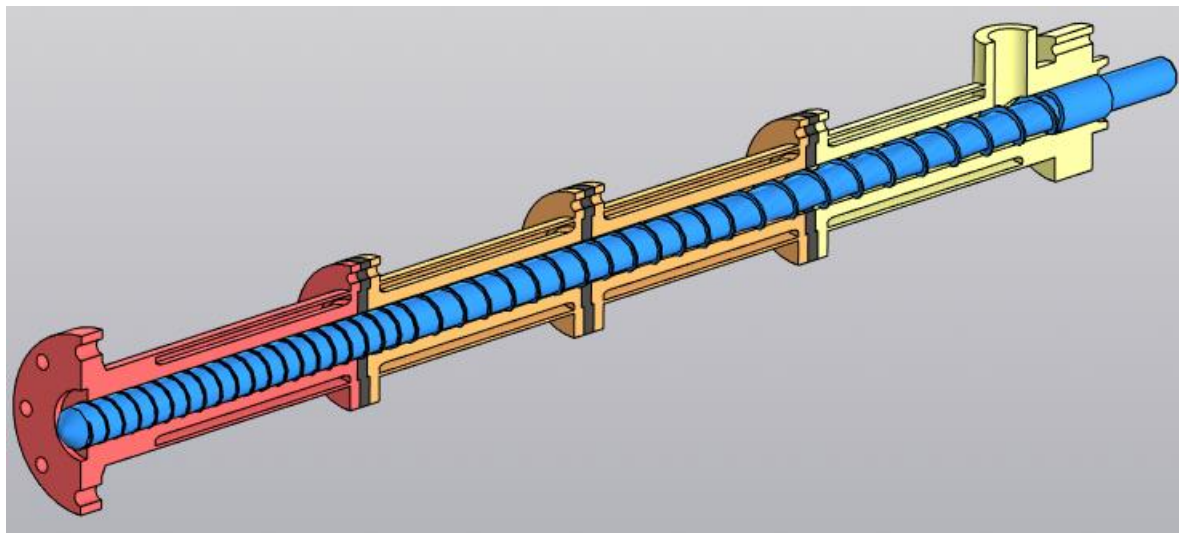


Рис. 2.6.1. – Збірка корпусу з черв'яком

Дано:

- Температура кожуха – 95 °С
- Температура навколишнього повітря – 20 °С

Для розрахунку в ANSYS вибрана оптимальна сітка для корпусу, де черв'як був прибраний з розрахунків, а частини (Part) корпусів і ізолюючих кільця об'єднані в одну частину (Parts). (рис. 2.6.2.)

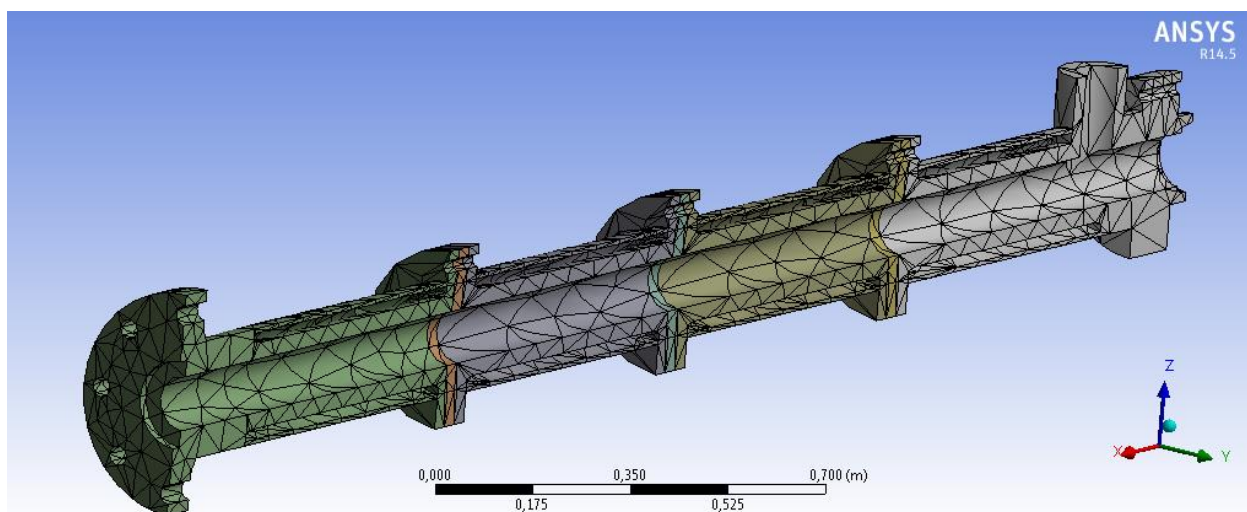


Рис. 2.6.2. – Корпус поділений на скінченні елементи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.02-70PP

Арк.

64

Перед роботою в програмі, розроблені моделі в програмі КОМПАС 3D було збережено в форматі ACIS (\*.sat) і імпортовано в ANSYS (рис. 2.6.3.). Дія температури на корпус була розрахована в Transient Thermal, а в Static Structural – дія сили тяжіння, інерції обертання та прикладення обмеження руху корпусу.

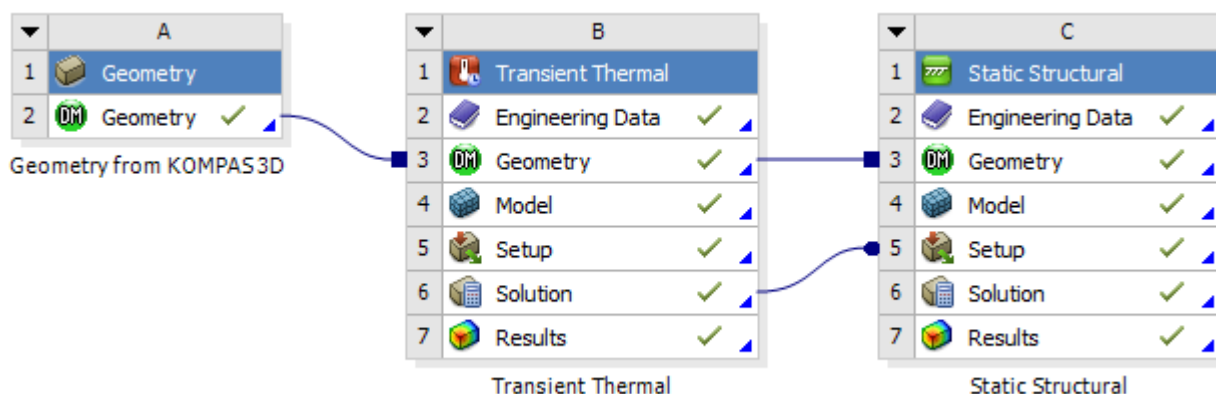


Рис 2.6.3.– Вид проекту в програмі ANSYS.

Для розрахунку в програмі було додано силу гравітації Standard Earth Gravity. Фланець кріплення було зафіксовано Fixed Support. Фланці були обмежені по руху вільного падіння Displacement 2, тобто по осі Z (рис 2.6.4.). Також прикладено внутрішню силу на циліндр – 50 МПа. Щоб пришвидшити обчислення, було обрізано половину корпусу, а щоб не втратити точність розрахунків, було використано метод скінченних елементів, де обрізану площину, позбавили вільного руху Displacement перпендикулярно до площини, в даному випадку по осі Y.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.02-70PP

Арк.

65

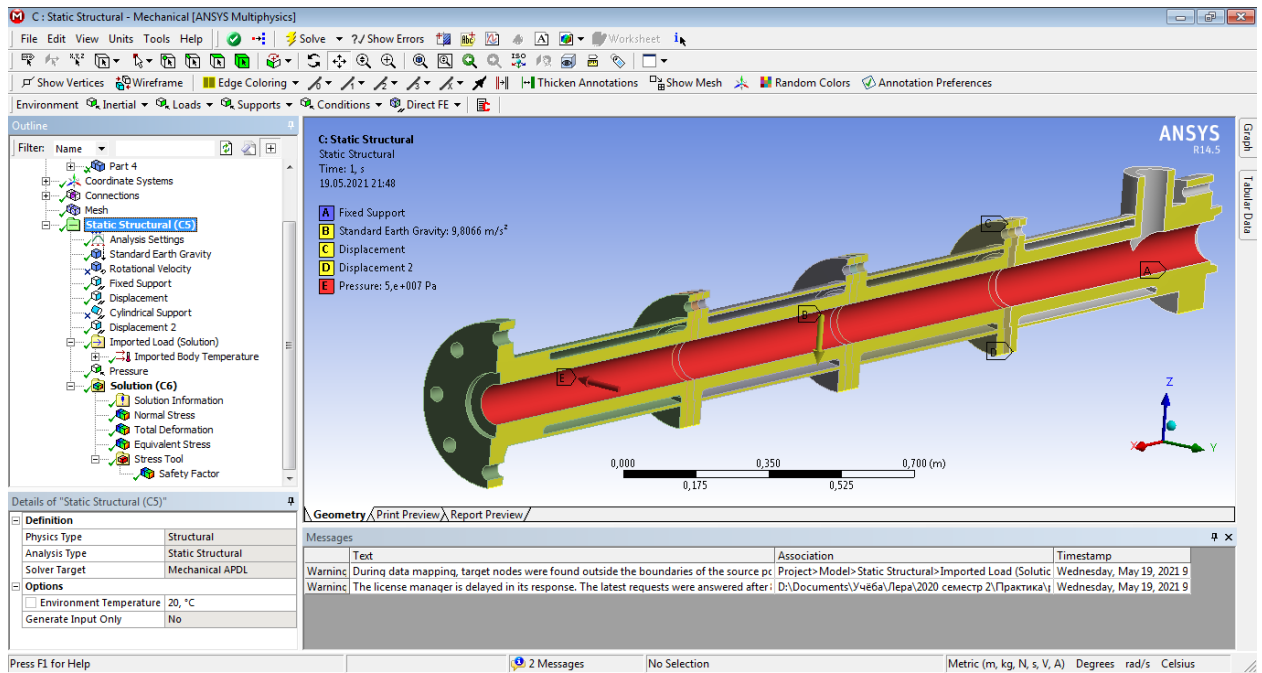


Рис 2.6.4. – Розташування зусиль і опор для деталей корпусу

За результатами розрахунку вдалось виявити, що максимальний тиск на корпус становить 104,1 МПа по осі X (рис. 2.6.5.), максимально допустима деформація 0,39 мм (рис. 2.6.6.), максимальний еквівалентний тиск 195,3 МПа (рис. 2.6.7.) а мінімальний запас міцності корпусу 1,28 (рис. 2.6.8.). Якщо запас міцності менше 1, то це свідчить про те, що модель зламалась в червоній зоні.

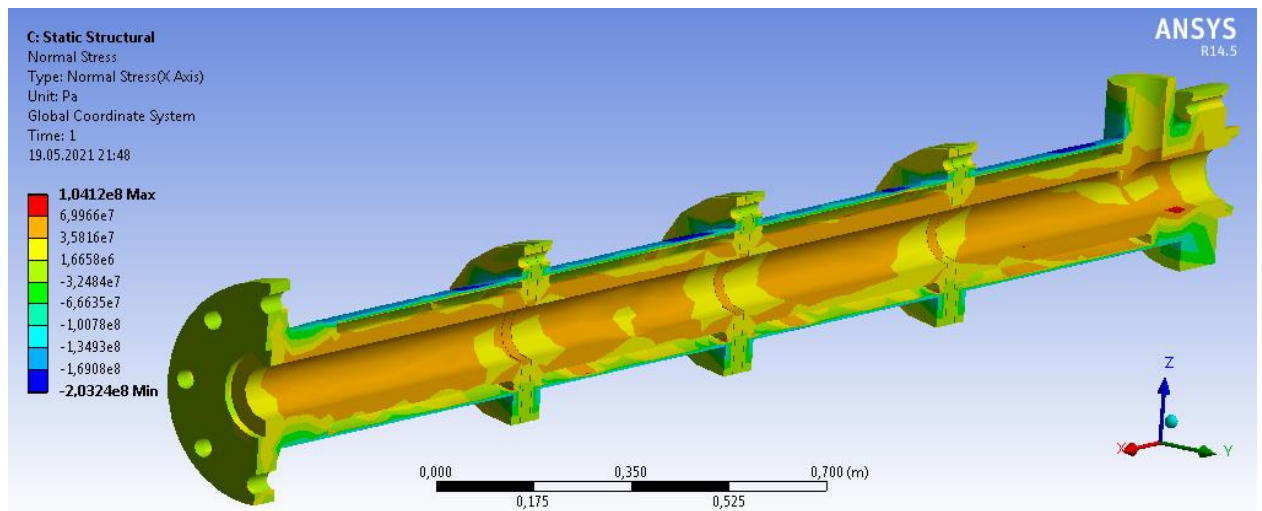


Рис. 2.6.5. – Напруження корпусу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.02-70PP

Арк.

66

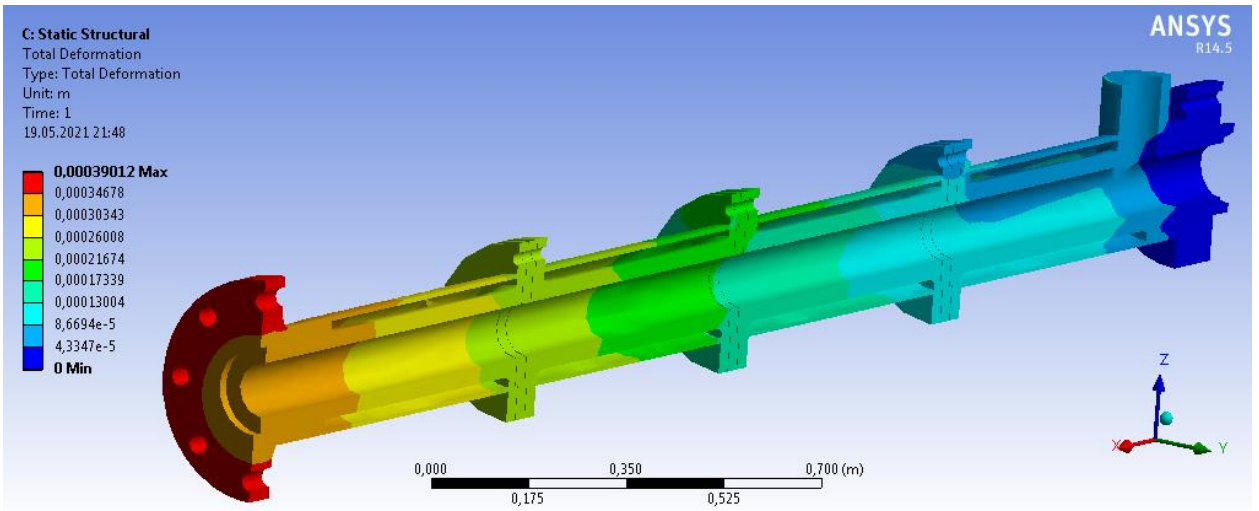


Рис. 2.6.6.– Деформація корпусу

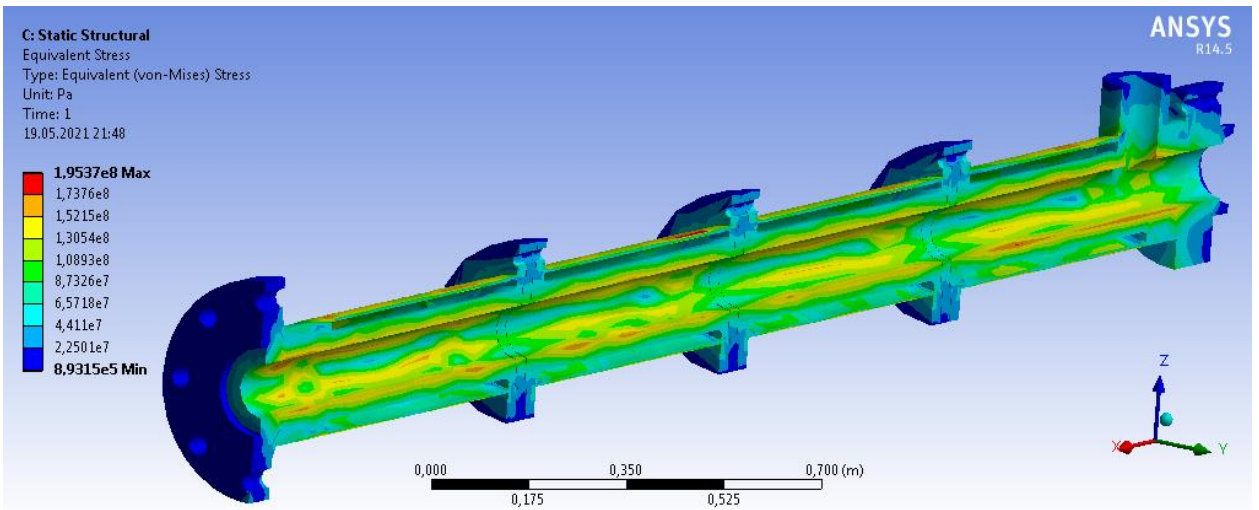


Рис. 2.6.7. – Еквівалентні напруження

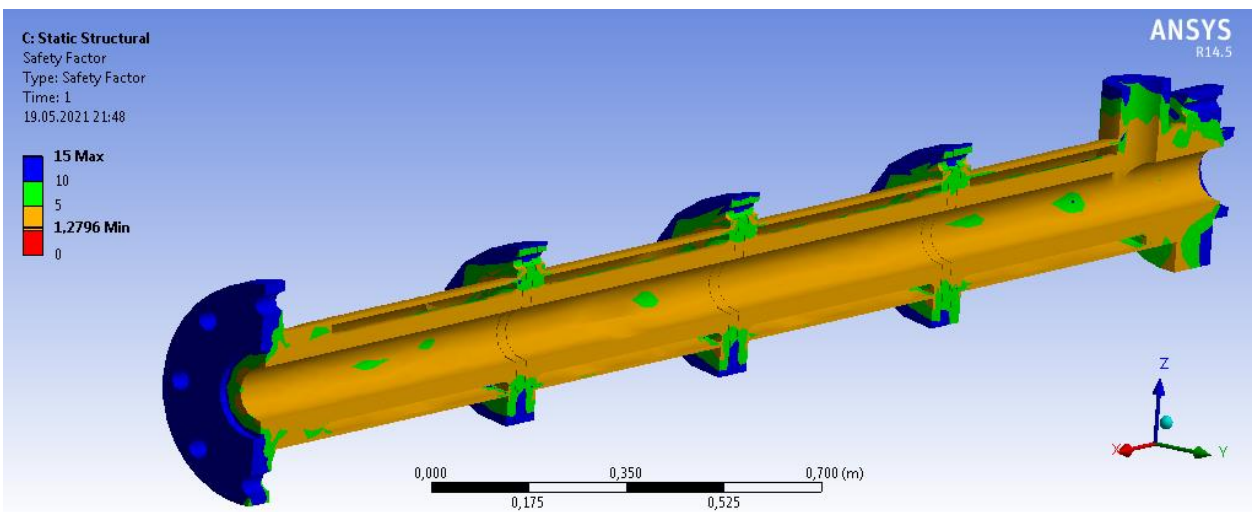


Рис. 2.6.8. – Міцність корпусу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПГ81.057246.02-70PP

Арк.

67

Отже, по тепловим розрахункам значення в межах норми і запас міцності більше 1, що вказує на працездатність машини.

					ЛПП81.057246.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68



3	$l_1$	L1	Обчислюється	мм	Real	-
4	$l_2$	L2	Обчислюється	мм	Real	-
5	$l_3$	L3	Обчислюється	мм	Real	-
6	$l$	Lx	Обчислюється	мм	Real	-
7	$l_4$	L4	Обчислюється	мм	Real	-
8	$l$	Ls	Обчислюється	мм	Real	-
9	$t$	t	Обчислюється	мм	Real	-
10	$h_1$	h1	Обчислюється	мм	Real	-
11	$h_2$	h2	Обчислюється	мм	Real	-
12	$d_1$	d1	Обчислюється	мм	Real	-
13	$d_2$	d2	Обчислюється	мм	Real	-
14	$i$	i	Обчислюється	мм	Real	-
15	$\delta$	DELTA	Обчислюється	мм	Real	-

Блок схема геометричних параметрів черв'ячного екструдера на мові Fortran представлена нижче:

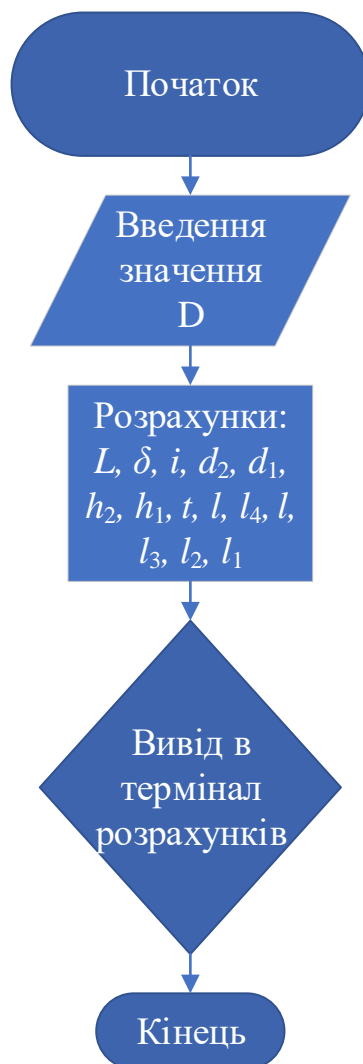


Рис. 2.7.2. – Блок схема геометричних параметрів черв'ячного екструдера

**Розділ III «ТЕХНОЛОГІЯ  
МАШИНОБУДУВАННЯ»  
до дипломного проекту  
на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією  
корпусу»**

Київ – 2021 року

## ЗМІСТ

3.1.	ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	73
3.1.1.	Опис та призначення деталі	73
3.1.2.	Вибір заготовки для виготовлення деталі	74
3.1.3.	Технологічний процес виготовлення деталі	75
3.2.	ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕВНОЇ ОПЕРАЦІЇ	77
3.2.1.	Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії	77
3.2.2.	Розрахунок сил закріплення деталі	78
	ВИСНОВКИ	80

					<b>ЛПП81.057246.03-70TE</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мацагор</i>			Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу. Технологія машинобудування	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Панов</i>					72	
<i>Керівник</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, ЛП-п81</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Борщик</i>						

### 3.1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

#### 3.1.1. Опис та призначення деталі

За своєю формою та розмірами деталь-гільза відноситься до класу втулок. Деталь є виробом середньої важкості. Має канавки для виходу шліфувального круга. Середня шорсткість поверхні гільзи Rz 12,5.

Для забезпечення зносостійкості в черв'ячний циліндр вставляється гільза зі сталі. Матеріал гільзи повинен мати більшу твердість, ніж матеріал черв'яка. Також поширені циліндри, виготовлені без гільз, але з наплавленням на внутрішню поверхню зносостійкого покриття [20].

Гільза виготовляється зі сталі СТ45, який використовується для виготовлення відповідальних важконавантажних деталей і має такий хімічний склад (табл. 3.1.1.1.) та механічні характеристики (табл. 3.1.1.2.).

Таблиця. 3.1.1.1.

#### Хімічний склад Сталі 45

Сталь	Товщина стінки виливка, мм	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Ni, %	Cr, %
					не більше			
СТ45	10-30	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,035	0.3	0.3

Межа міцності: при розтягуванні  $\sigma_s = 220$  МПа, при вигинанні  $\sigma_s = 275$  МПа,  $HV = 170-179$  МПа (17,3-18,3 кгс/мм<sup>2</sup>)

Таблиця 3.1.1.2.

#### Механічні властивості сталі 45

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{вр}$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	$\alpha_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	HV (не більше)	
					нагартованої	випаленої
не менше						
360	610	16	40	50	241	197

Технологічні властивості Сталі 45:

- Зварюваність: важкозварювальна.
- Флокеночутливість: малочутлива.
- Схильність до відпускної крихкості: не схильна.
- Група сталі – М2.

### 3.1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції гільза робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати штамповку, більш підходящий під розміри деталі - це циліндр. Конфігурація об'єму роз'єму штампа П (плоска).

Також з підручника [23] визначаємо по шерохватості 12,5 мкм метод виготовлення заготовки: штамповка з наступною чеканкою. Маса до 100 кг задовольняє умови. Для виготовлення даної деталі бажано звернути увагу на штампувальні уклони і на точність виконання заготовки (рис. 3.1.2.1.) від 0,05 до 0,1 мм.

Для подальшої розробки технологічного процесу важливий правильний вибір площини роз'ємну штампованої форми. Штампована форма повинна мати, за можливістю, один плоский рознім. Для заготовки деталі, що розглядається, такою єдиною площиною розніму може бути площина, що проходить верхню площину деталі.



Рис. 3.1.2.1. – Заготовка деталі

Розрахунок степені складності кування:

$$\frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{ф}}} = \frac{12,59}{18,15} = 0,69 \quad (3.1.2.1.)$$

					ЛПП81.057246.03-70TE	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

де  $G_{\Pi}$  – маса(або об'єм) кування;  $G_{\Phi}$  – маса(або об'єм) геометричної фігури.

Степінь складності – С1.

### 3.1.3. Технологічний процес виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталі «Гільза» наведено на операційних картах та картах ескізів.

ГОСТ 3.1118-82													Форма 1									
Дубл.																						
Взамін.																						
Підпис																						
													3	1								
Розробив	Мацагор								НТУУ "КПІ", ім. Ігоря Сікорського													
Перевірив	Борщик																					
Н. контр.									Гільза													
М01	Сталь 45 ГОСТ 1050-88																					
	Код	ОВ	МД	ОМ	Н. роз.	КВМ	Код загот.	Профіль і розміри				КД	МЗ									
М02																						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, назва операції				Позначення документа													
Б	Код, назва обладнання											См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	К шт.	Т п. з.	Т шт.
А01				005	Токарна				60141.00001; 20141.00001; 10П№XX-XX													
Б02	38261.XXXX				Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3				18632	3	10	1	1	1	50	1						
03																						
А04				010	Токарна				60141.00002; 20141.00002; 10П№XX-XX													
Б05	38261.XXXX				Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3				18632	3	10	1	1	1	50	1						
06																						
А07				015	Горизонтально-розточна				60141.00003; 20141.00003; 10П№XX-XX													
Б08	38261.XXXX				Горизонтально-розточний верстат 2М615				18632	3	10	1	1	1	50	1						
09																						
А10																						
Б11																						
12																						
А13																						
Б14																						
15																						
А16																						
МК	Маршрутна карта механічної обробки																					

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛПП81.057246.03-70TE

Арк.

75

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взамін.												
Підпис												
										1	1	
Розробив	Мацагор			НТУУ "КПІ", ім. Ігоря Сікорського								
Перевірив	Борщик											
Н. контр.				Гільза				005				
						Найменування операції			Матеріал			
						Токарна			Сталь 45 1050-88			
						Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	Коод
						Устаткування, пристрій ЧПК			Позначення програми			
						16K20Ф3						
						То	Тв	Т п. з.	Т шт.	МОР		
Р				ПН	Д або В	L	t	i	s	n	v	
P01	1. Точити поверхню Ø100 начорно, начисто											
T02	2. Точити поверхню Ø116 начорно, начисто											
O3	3. Точити поверхню зсередини 870 начорно, начисто											
O04	4. Точити поверхню зовні 200 начорно, начисто											
T05												
T06												
P07												
O8												
O9												
O11												
T12												
OK												

ГОСТ 3.1404-86										Форма 3	
Дубл.											
Взамін.											
Підпис											
										1	1
Розробив	Мацагор			НТУУ "КПІ", ім. Ігоря Сікорського							
Перевірив	Борщик										
Н. контр.				Гільза				005			
KE											

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛПП81.057246.03-70TE

Арк.

76

## 3.2. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕВНОЇ ОПЕРАЦІЇ

### 3.2.1. Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

Операції 005, 010. Токарна

Вибираємо токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3. Верстат використовується для робіт, що здійснюються при обробці внутрішніх і зовнішніх поверхонь виробів за заздалегідь встановленою програмою для токарної обробки деталей типу тіл обертання.

Верстат 16К20Ф3 призначений для токарної обробки зовнішніх (діаметром до 400 мм) і внутрішніх поверхонь деталей (довжиною до 1000 мм) із ступінчастим і криволінійним профілем в осьовому перерізі.

Конструкція і кінематична схема токарного верстата 16К20Ф3 виконана за традиційною компоновкою відповідним універсальним нормам і має характеристики, що дозволяє мати широкий перелік операцій.

Металева заготовка фіксується в шпинделі, який приводиться в обертальний рух за допомогою електродвигуна забезпечує роботу за допомогою клинопасової передачі, швидкість якої регулюється за рахунок автоматичної коробки і коробки швидкостей шпиндельної бабки. АКП має 6 електромагнітних муфт, які за допомогою їх комбінованого включення вибирають необхідну 1 з 9 можливих швидкостей обертання валу – 35...1600 мин<sup>-1</sup>.

Фланцевий кінець шпинделя виконаний по ГОСТ 12593 (DIN 55027, ISO 702-3-75) під поворотну шайбу, з центруючим коротким конусом 1: 4 (7°7'30"), номінальний діаметр конуса D = 106,375 мм, умовний розмір кінця шпинделя - 6. Внутрішній (інструментальний) конус шпинделя - Морзе 6. Стандартний діаметр токарного патрона 200, 250 мм.

Клас точності II по ГОСТ 8-82.

					ЛПП81.057246.03-70TE	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77



де  $Pz$  – головна складова сили різання, що прагне повернути заготовку, Н.

Остаточна сила затиску дорівнює:

$$Q_{\text{сум}} = 2 \cdot 72,5 / (0,25 \cdot 0,116) = 5000 \text{ Н} \quad (3.2.2.4.)$$

Приймаємо силу затиску  $Q_{\text{сум}} = 5,5 \text{ кН}$ .

					ЛПП81.057246.03-70TE	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У ході виконання розробки технологічного процесу виготовлення гільзи було виконано наступне:

- вибрано спосіб виготовлення заготовки;
- розроблено та оформлено згідно з ГОСТ 3.1105-84, ГОСТ 3.1129-93 та ГОСТ 3.1130-93 маршрутний та операційний технологічні процеси виготовлення гільзи;
- підбрано моделі металорізальних верстатів, пристроїв та інструментів;
- заповнені: маршрутна карта (МК), операційна карта (ОК) та карта ескізів (КЕ);
- креслення [ЛПП81.057241.005-70] виготовляємої деталі виконано на аркуші формату А3.

					ЛПП81.057246.03-70ТЕ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

## ВИСНОВКИ

У дипломний проект на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу» здійснено проектування черв'ячного преса 100×30 що входить до складу лінії виробництва шин.

Дипломний проект включає опис базової конструкції екструзійного агрегата, принцип дії машини, переваги та недоліки, технологічну схему для виготовлення шин з участю екструдера. Також в пояснювальній записці є відомості про охорону праці для нашої конструкції згідно з законодавством.

Поставлена задача модернізації корпусу екструзійного агрегату була виконана за наступні етапи:

Проведено патентний та літературний огляд. Розглянувши різні технологічні рішення, а також безліч варіантів модернізації основних вузлів, було обрано найбільш вдалий варіант для проектування.

Проведено дві модернізації корпусу та шнеку, що дозволило розширити спектр виготовлення продукції, а також дозволило досягти підвищення температури гуми і наближення до температури вулканізації, щоб отримати рівномірний стан зшивання гуми за допомогою встановлення ізолюючих кілець між секціями корпусу та поступової зміни кута навивки шнека.

Отже, вдосконалений екструзійний агрегат є працездатним і має більше переваг у порівнянні з базовою конструкцією. Модернізація дозволила отримувати більш якісну продукцію, за рахунок заміни корпусу і шнеку.

					ЛПП81.057246.03-70TE	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Москва Химия, 1986. 488 с.
2. Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д. Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических мас. М.: Машиностроение, 1967. 364 с.
3. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е., Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей, Москва: Машиностроение, 1972. 268 с.
4. Основные процессы шинного производства : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 05 «Технология переработки эластомеров» / А. В. Касперович, Ж. С. Шашок, С. Н. Каюшников. – Минск : БГТУ, 2013. – 115 с.
5. <https://tokar.guru/instrumenty/ekstruder-cto-eto-takoe-dlya-chego-on-prednaznachen.html>
6. Louis D. Beliczky y John Fajen INDUSTRIA DEL CAUCHO : ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.
7. Г. Дівін «Методи і засоби для визначення залежності теплофізичних характеристик рідких полімерних матеріалів від швидкості зсуву і температури»
8. Мікульонок І.О., Сокольський О.Л., Сівецький В.І. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів: навч. посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 200 с.
9. Мікульонок І.О. Технологічні основи перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей: навч. посібник Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 312 с.

- 10.EXTRUDER FOR PROCESSING RUBBER MIXTURES. Patent CA №2390112 МПК В29С 47/00, В29С 47/38, В29С 47/82 2002. Розмейер Фриц.
- 11.Україна, патент UA 90401 МПК В29В 7/60, 2013 Сівецький Володимир Іванович, Мікульонок Ігор Олегович, Сокольський Олександр Леонідович, Кушнір Михайло Сергійович.
- 12.Україна, патент UA 48384 МПК В29С 47/38, 2009 Ковбаса Катерина Петрівна, Кучерявий Олександр Павлович, Лукач Юрій Юхимович, Мікульонок Ігор Олегович.
- 13.Україна, патент UA 102908 МПК В29С 47/60, 2015 Сокольський Олександр Леонідович, Мікульонок Ігор Олегович, Івіцький Ігор Ігорович.
- 14.Україна, патент UA 137428 МПК В29С 48/00, В29С 48/84, 2019 Мікульонок Ігор Олегович, Карвацький Антон Янович, Терлецький Олександр Ігорович.
- 15.Україна, патент UA 66688 МПК В29В 11/00, В29В 13/00, 2011 Мікульонок Ігор Олегович, Войцеховська Євгенія Миколаївна, Рудакова Вероніка Андріївна.
- 16.РФ, RU 192483 МПК В29С 45/00, В29С 48/395, В29С 48/46, 2019 Дядичев Олександр Валерьевич, Рябичева Людмила Александровна, Дядичев Валерий Владиславович, Менюк Сергей Григорьевич, Дядичева Екатерина Андреевна.
- 17.Охорона праці та цивільний захист: Підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська. За ред. О. Г. Левченка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 420 с.
- 18.Сокольський О. Л. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас : навч. посіб. / О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, І. О. Мікульонок. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — 130 с.

					ЛПП81.057246.03-70TE	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

- 19.Сівецький В. І. Комп'ютерне моделювання та проектування екструзійного полімерного устаткування / В. І. Сівецький, Д. Е. Сідоров, О. Л. Сокольський. — К. : НТУУ «КПІ», 2006. — 174 с.
- 20.Полімерні композитні матеріали й вироби з них. Одержання, перероблення та властивості : термінол. слов. / І. О. Мікульонок, Л. Б. Радченко. — К. : ІВЦ «Видавництво „Політехніка”», 2005. — 179 с.
- 21.Рябинин Д. Д. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей / Д. Д. Рябинин, Ю. Е. Лукач. — М. : Машиностроение, 1965. — 363 с.
- 22.Г. Дівін «Методи і засоби для визначення залежності теплофізичних характеристик рідких полімерних матеріалів від швидкості зсуву і температури»
- 23.«Курсове проектування по технології машинобудування» Горбацевіч А.Ф., табл. 2.3.

					ЛПП81.057246.03-70TE	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

**ДОДАТКИ**  
**до дипломного проекту**  
**на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією**  
**корпусу»**

Київ – 2021 року

Таблиця розглянутих патентів

№ п/п	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Мета заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	EXTRUDER FOR PROCESSING RUBBER MIXTURES	Patent CA №2390112 МПК В29С 47/00, В29С 47/38, В29С 47/82, 2002 Розмейер Фриц	Винахід відноситься до екструзійного обладнання для виготовлення гумових сумішей для еластомерних виробів, зокрема до безперервно виготовлених еластомерних секцій. Мета винаходу - вдосконалення шнеку екструдера таким чином, що гумова суміш зазнаватиме підвищення температури за рахунок тепловіддачі до такої міри, що температура екструдата наближається до температури вулканізації для отримання рівномірного стану зшивання гуми.
2	Черв'як екструдера	Україна, патент UA 90401 МПК В29В 7/60, 2013 Сівецький Володимир Іванович, Мікульонюк Ігор Олегович, Сокольський Олександр Леонідович, Кушнір Михайло Сергійович	Винахід відноситься до обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, у тому числі композиційних, і може бути використана в полімерпереробних екструзійних лініях, зокрема для виготовлення обертового робочого органа черв'ячних екструдерів. Мета винаходу - вдосконалити черв'як екструдера, у якому нове конструктивне виконання гребенів його змішувального елемента істотно підвищує змішувальнодиспергувальну спроможність черв'яка, а отже і поліпшує якість перероблюваного матеріалу.

3	Шнек екструдера	РФ, RU 2053121 МПК В29С 47/38, 1991 Герд Капелле, Гюнтер Майер	Винахід відноситься до обладнання для переробки полімерів і може бути використаним в хімічній промисловості. Мета винаходу – вдосконалення шнека та внутрішньої стінки екструдера для збільшення продуктивності екструзійного агрегата та більш ефективного змішування матеріалу, який піддається екструзії.
4	Циліндр черв'ячного екструдера	Україна, патент UA 48384 МПК В29С 47/38, 2009 Ковбаса Катерина Петрівна, Кучерявий Олександр Павлович, Лукач Юрій Юхимович, Мікульонок Ігор Олегович	Винахід відноситься до полімер переробного обладнання, зокрема до черв'ячних екструдерів для переробки високомолекулярних сполук і матеріалів на їх основі. Мета винаходу - вдосконалити циліндр черв'ячного екструдера, у якому нове конструктивне виконання його циліндричної труби забезпечує зменшення теплових втрат під час нагрівання циліндра, а також зниження його матеріалоємності.
5	Черв'як екструдера	Україна, патент UA 102908 МПК В29С 47/60, 2015 Сокольський Олександр Леонідович, Мікульонок Ігор Олегович, Івіцький Ігор Ігорович	Винахід відноситься до обладнання для перероблення термопластичних полімерів і пластмас, а також гумових сумішей, і може бути використана в конструкціях черв'яків черв'ячних екструдерів. Мета винаходу - вдосконалити черв'як екструдера, у якому нове конструктивне виконання його наконечника забезпечує ефективне згладжування пульсацій потоку розплаву значної величини в широкому діапазоні як їх величин, так і швидкості змінювання, а отже й одержання продукції зі

			стабільними розмірами й формою.
6	Черв'як екструдера	Україна, патент UA 137428 МПК В29С 48/00, В29С 48/84, 2019 Мікульонок Ігор Олегович, Карвацький Антон Янович, Терлецький Олександр Ігорович	Винахід відноситься до обладнання для перероблення термопластичних полімерів і пластмас, а також гумових сумішей, і може бути використана в конструкціях черв'ячних екструдерів. Мета винаходу - вдосконалити конструкцію черв'яка екструдера, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує високу ефективність процесу охолодження черв'яка, що сприяє зменшенню витрати охолоджувальної води.
7	Система охолодження черв'яка екструдера	Україна, патент UA 66688 МПК В29В 11/00, В29В 13/00, 2011 Мікульонок Ігор Олегович, Войцеховська Євгенія Миколаївна, Рудакова Вероніка Андріївна	Винахід відноситься до обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, у тому числі й композиційних, і може бути використана в полімерпереробних екструзійних лініях, зокрема для виготовлення робочого органа одно- або двочерв'ячних екструдерів. Мета винаходу - вдосконалити систему охолодження черв'яка екструдера, у якій її нове конструктивне виконання забезпечує підведення свіжої охолоджувальної рідини по всій довжині порожнини черв'яка, що підвищує рівномірність, інтенсивність та ефективність охолодження черв'яка.

8	Одношнековий екструдер	Україна, патент UA 109678 МПК В29С 47/22, В29С 45/52, 2013 Моравський Володимир Степанович, Суберляк Олег Володимирович, Сікора Януш В., Красінський Володимир Васильович	Винахід відноситься до конструкції шнекових машин для переробки полімерних матеріалів методом екструзії, зокрема конструкції одношнекових екструдерів. Мета винаходу - створити конструкцію одношнекового екструдера, в якому введення додаткового елемента дасть можливість виключити протитік між матеріальним циліндром та виступом гвинтової нарізки шнека і тим самим підвищить продуктивність одношнекового екструдера.
9	Плоскощілинна екструзійна головка	Україна, патент UA 2046 МПК В29С 47/14, 2002 Мікульонок Ігор Олегович, Сівецький Володимир Іванович, Сідоров Дмитро Едуардович, Сокольський Олександр Леонідович	Винахід відноситься до обладнання для переробки термопластичних матеріалів (полімерів, еластомерів та композицій на їх основі), зокрема, до екструзійного обладнання та може бути використана у технологічних лініях по виготовленню листових виробів і півфабрикатів. Мета винаходу - вдосконалення плоскощілинної екструзійної головки в якій введення проміжних опорних елементів дозволяє вдвічі зменшити кількість натискних гвинтів.
10	Одношнековий екструдер	РФ, RU 2505401 МПК В29С 47/38, 2009 Шнайдер Флориан Йоханнес	Винахід відноситься до одношнекового екструдера з циліндром, що має зону плавлення і зону гомогенізації, що примикає до зони плавлення, а також до шнек, встановленому в циліндрі з можливістю обертання і містить в зоні гомогенізації щонайменше два послідовно встановлених технологічних елемента, з яких другий в напрямку подачі виконаний в як здвижного елемента. Мета винаходу - створення одношнекового екструдера, що забезпечує поліпшене

			розплавляється вплив, зокрема, покращене залишкове розплавляється вплив, при одночасній високій продуктивності, зменшеною температурі плавлення і поліпшеною нагнітаючої здатності.
<b>11</b>	Шнек екструдера	РФ, RU 192483 МПК В29С 45/00, В29С 48/395, В29С 48/46, 2019 Дядичев Александр Валерьевич, Рябичева Людмила Александровна, Дядичев Валерий Владиславович, Менюк Сергей Григорьевич, Дядичева Екатерина Андреевна	Винахід відноситься до області обробки полімерних матеріалів тиском і може бути використана при переробці полімерних відходів з отриманням якісних виробів. Мета винаходу - удосконалення екструдера за рахунок нової конструкція шнека в зоні стиснення для переробки різнорідних композитних вторинних полімерних матеріалів.

## Лістинг програми розрахунку

Program MyProg

Real D, L, L1, L2, L3, Lx, L4, Ls, t, h1, h2, d1, d2, i, DELTA

Data D/100./, i/2.7/

```
L = 30*D
L1 = 6*D
L2 = 7*D
L3 = L - (L1 + L2)
Lx = 0.1*D
t = 1*D
h1 = 0.12*D
d1 = D - 2*h1
h2 = 1./2.*(D - (D**2. - 4.*h1/i * (D - h1))**(1./2.))
d2 = D - 2*h2
L4 = 1.5*D
Ls = 2*D
DELTA = 0.003*D
```

```
write(*,*) 'L =', L
write(*,*) 'L1 =', L1
write(*,*) 'L2 =', L2
write(*,*) 'L3 =', L3
write(*,*) 'Lx =', Lx
write(*,*) 't =', t
write(*,*) 'h1 =', h1
write(*,*) 'd1 =', d1
write(*,*) 'h2 =', h2
write(*,*) 'd2 =', d2
write(*,*) 'L4 =', L4
write(*,*) 'Ls =', Ls
write(*,*) 'DELTA =', DELTA
```

End program MyProg

**СПЕЦИФІКАЦІЇ**  
**до дипломного проекту**  
**на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією**  
**корпусу»**

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1			ЛПП81.057243.000-70.B3	Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу		
				<u>Деталі</u>		
		1	ЛПП81.057243.000.01-70	Екструзійна головка	1	
		2	ЛПП81.057243.000.02-70	Корпус з фланцями	1	
		3	ЛПП81.057243.000.03-70	Шнек	1	
		4	ЛПП81.057243.000.04-70	Нагрівачі		
		5	ЛПП81.057243.000.05-70	Завантажувальний бункер	1	
		6	ЛПП81.057243.000.06-70	Редуктор	1	
		7	ЛПП81.057243.000.07-70	Вузол опірною підшипника	1	
		8	ЛПП81.057243.000.08-70	Масляний насос	1	
		9	ЛПП81.057243.000.09-70	Електродвигун	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		10		Болт М24х90		
				ГОСТ-22353-77	8	
		11		Шайба М24		
				ГОСТ 11371-78	8	
			ЛПП81.057243.000-70.СП			
Изм	Арж.	№докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Мацагор			Літера	Аркуш.
Перев.						93
Н.контр.					2	
Затверд.					«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ІХФ, ХПСМ	
					Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу	



Форм.	зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Складальне креслення</u>		
A1			ЛПП81.057242.002-70.СК	Корпус екструдера		
				<u>Деталі</u>		
		1	ЛПП81.057242.002.01-70	Гільза	1	
		2	ЛПП81.057242.002.02-70	Фланець кріплення		
				голівки	1	
		3	ЛПП81.057242.002.03-70	Кожух	1	
		4	ЛПП81.057242.002.04-70	Фланець кріплення		
				циліндра	1	
		5	ЛПП81.057242.002.05-70	Корпус черв'яка	1	

					ЛПП81.057242.002-70.СП			
Изм	Арк	№докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Мацагор				Корпус екструдера	Літера	Аркуш.	Аркушів
Перев.							95	1
Н.контр.						«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ІХФ, ХПСМ		
Затверд.								

Фор.	зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Складальне креслення</u>		
A1			ЛПП81.057242.003-70.СК	Корпус екструдера модернізований		
				<u>Деталі</u>		
		1	ЛПП81.057242.003.01-70	Ізоляційне кільце	1	
		2	ЛПП81.057242.003.02-70	Фланець кріплення голівки	1	
		3	ЛПП81.057242.003.03-70	Порожнина	1	
		4	ЛПП81.057242.003.04-70	Втулка	1	
		5	ЛПП81.057242.003.05-70	Фланець кріплення циліндра	1	
		6	ЛПП81.057242.003.06-70	Корпус шнека	1	
		7	ЛПП81.057242.003.07-70	Гільза	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		7		<i>Гвинт M24x115</i>	25	
				<i>ГОСТ 1491-80</i>		
		8		<i>Болт M36x150</i>	8	
				<i>ГОСТ 7805-70</i>		
				ЛПП81.057242.003-70.СП		
Изм	Арж	№докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Мацагор			Літера	Аркуш.
Перев.						Аркушів
						96
						1
Н.контр.					«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ІХФ, ХПСМ	
Затверд.						
				Корпус екструдера модернізований		



## Особисті досягнення

ХІІІ Всеукраїнська конференція «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки»

**Екструзійний агрегат для обробки гумових сумішей**

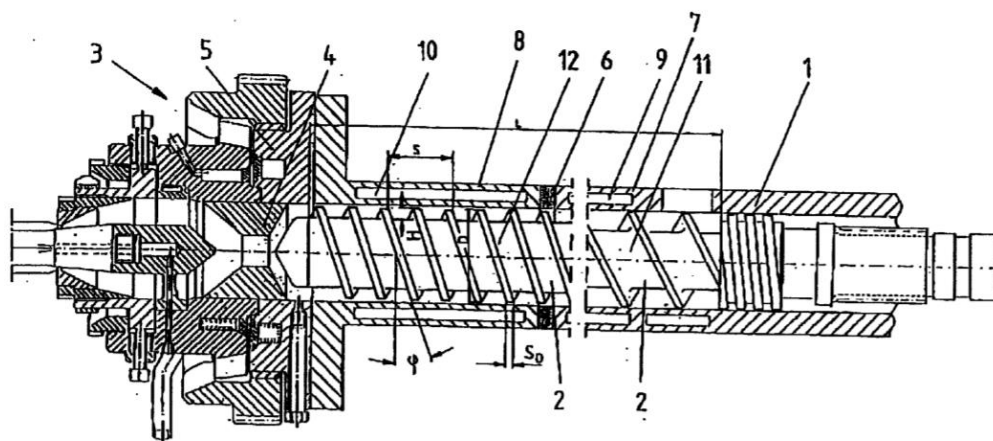
Мацагор В.В., студентка, Сівецький В.І., к.т.н., професор  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Запропоновано вдосконалення шнека екструзійного агрегата, для отримання високоякісної гумової суміші та формування еластомерних виробів.*

В [1,2] наведено типові конструкції шнеків для виготовлення гумових сумішей для еластомерних виробів. Одним із недоліків конструкцій шнеків [2] є їх складна збіркова конструкція.

З метою вдосконалення конструкції [1] шнека використаємо рішення [3]. В даному конструктивному рішенні метою є забезпечення умов отримання рівномірної якості гумової суміші і наближення її температури на виході з формуючого інструменту до температури вулканізації. Це реалізується тим, що екструзійний агрегат забезпечений нескінченним шнеком для екструзії, виконаним таким чином, що гума суміш до досягнення екструзійного інструменту зазнає підвищення температури до температури вулканізації в наслідок удосконалення зон завантаження та дозування не лише шнека, а й корпусу екструдера.

Запропоноване удосконалення конструкції екструдера, який містить циліндр 1 розділений за допомогою розділяючого кільця 6 на зону входу в циліндр 7 і зону виходу з циліндра 8. Також циліндр має порожнисті місця 9 і 10, призначені для вирівнювання температури. Шнек має зону завантаження 11 з великим кроком і зону дозування 12 з малим кроком, які відрізняються один від одного своїм кутом спіралі та глибиною різьби. Таким чином, зона дозування 12 має менший кут спіралі приблизно  $7-14^\circ$  і меншу глибину різьби порівняно із зоною завантаження шнека 11.



### Рис. 1. Модернізований екструзійний агрегат

Під час роботи екструдера гумова суміш транспортується із зони завантаження 11 шнека 2 у напрямку зони дозування 12, в якій за допомогою вибору кута спіралі та глибини навивки згідно з модернізацією, відбудеться зниження тиску, що призведе до поліпшення теплового процесу. Крім того, завдяки збільшенню співвідношення обсягу поверхні теплообміну у зоні дозування 12, температуру змішування можна буде порівняно більш точно регулювати.

Запропоноване удосконалення екструзійного агрегата забезпечить отримання високоякісної гумової суміші та підвищення рівномірності температури екструдата на виході з формуючого інструменту, що позбавить потребу в складних УВЧ установках для підвищення температури відформованих заготовок гумових виробів.

### Література

1. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартович. — М. : Химия, 1986. — 488 с.
2. Л. Б. Радченко, В. І. Сівецький Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів: навчальний посібник –Київ «Політехніка», 2002–149 с.
3. Патент Канади СА №2390112 МРК В29С 47/00, В29С 47/38, В29С 47/82 2002.

ХІІІ Всеукраїнська конференція «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки»

### **Модернізація корпусу екструдера ізолюючими кільцями для додаткового термічного опору**

Мацагор В.В., студентка, Шилович Т.Б., к.т.н., доцент  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Виконано результати розрахунку на міцність корпусу екструдера при переробці каучуку, які підтверджують його працездатність.*

В [1,2] наведено типові конструкції корпусів екструзійних агрегатів. Недоліком конструкцій корпусів [1] є те, що при переробці каучуку на кінцевому етапі можливе перегрівання корпусу, тому він інтенсивно зношується. Найбільший вплив має тертя матеріалу у просторі між черв'яком і корпусом.

З метою вдосконалення конструкції корпусу [1] запропоновано розробити модернізацію згідно патенту [3], що впливає на розподіл температури в стінках корпусу машини. Запропоноване рішення полягає у встановленні ізолюючих кілець між секціями корпусу, які допомагають краще розподілити температуру по корпусу. Корпуси розділені що

найменше двома секціями, які відокремлені один від одного ізоляційними кільцями для встановлення додаткового термічного опору. За рахунок цього, досягається більш рівномірний розподіл температурного поля по корпусу та не виникає температурних напружень.

В програмі ANSYS виконано розрахунки корпусу на міцність, які представлені на рис.1. Визначено, що внаслідок модернізації корпус має запас міцності більше 1, що свідчить про працездатність екструдера зі зменшеним зносом без зміни продуктивності.

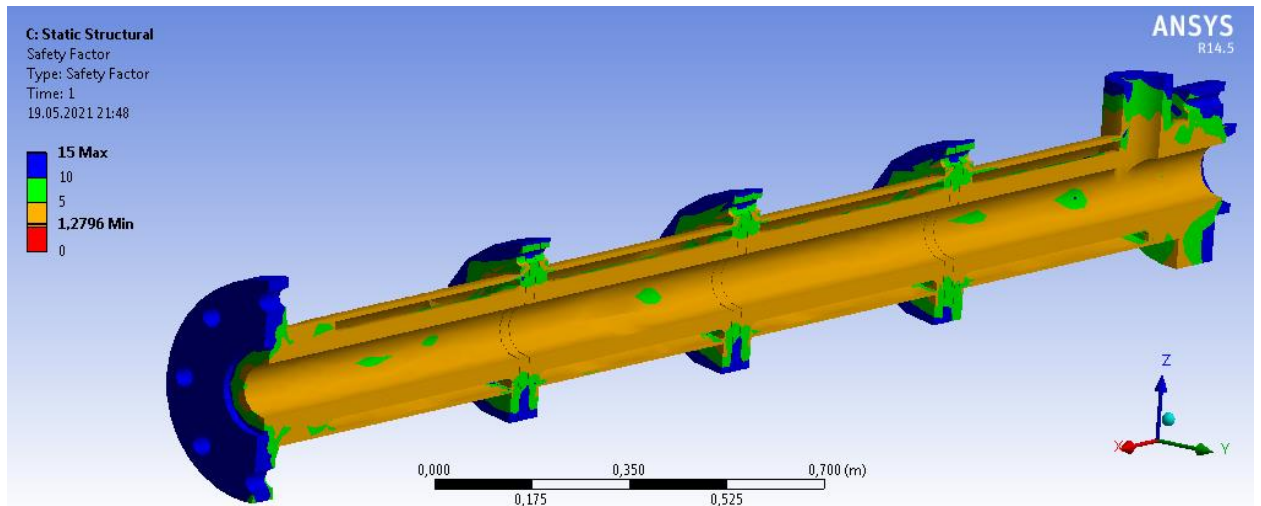


Рис. 1. – Результати розрахунку корпусу екструдера на запас міцності внаслідок термічного розширення і максимального тиску 50 МПа з середини корпусу

### Література

1. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач,.— М.: Машиностроение, 1972.—268 с.
2. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Москва Химия, 1986. 488 с.
3. EXTRUDER FOR PROCESSING RUBBER MIXTURES. Patent CA №2390112 MPK B29C 47/00, B29C 47/38, B29C 47/82 2002.