

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В.Гондлях**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності *133 – галузеве машинобудування*

на тему: **Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу**

---

**Студент групи** *IV к.ЛП-71Мурашковський Микола Геннадійович* \_\_\_\_\_  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

**Керівник проекту:**

\_\_\_\_\_ *доц., к.п.н., доц. Казак І.О.* \_\_\_\_\_  
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

**Консультанти з питань**

---

**МОДЕРНІЗАЦІЇ** \_\_\_\_\_ **Щербина В.Ю.**

**ТЕХ. МАШ.** \_\_\_\_\_ **Борщик С.О.**

**РЕЦЕНЗЕНТ** \_\_\_\_\_

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

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ 2021 рік

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

**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133- *Галузеве машинобудування*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В.Гондлях**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Мурашковському Миколі Геннадійовичу**

1. Тема проекту «Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу», керівник проекту Казак Ірина Олександрівна, доц., к.п.н., доц., затверджені наказом по університету від 26.04.2021 р. № 1071-с

2. Термін подання студентом проекту 10.06.2021р.

3. Вихідні дані до проекту: Діаметр черв'яка  $D=0,063\text{м}$ , відношення довжини черв'яка до діаметра  $L/D=30$ , продуктивність машини  $Q=275\text{ кг/год}$

4. Зміст пояснювальної записки: Розділ «Пояснювальна записка» включає: Вступ. 1 Призначення та галузь застосування екструдера. 1.1 Технологічна лінія для виготовлення труб з термопластів. 2 Технічна характеристика екструдера. 3 Опис конструкції, її основних частин та принципу дії екструдера. 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації корпусу екструдера. 5 Охорона праці та навколишнього середовища. 6 Очікувані механіко-економічні показники. Висновки. Розділ «Розрахунки». Розділ «Технології машинобудування». Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу – формат А1, технологічна схема виробництва труб – формат А1, Формуюча головка екструдера – формат А1, Екструдер модернізований – формат А1, Фланець - формат А1, Результати розрахунків корпусу на міцність в системі ANSYS– формат А1.

6. Консультантирозділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ</b>	Щербина В.Ю.		
<b>ТЕХ. МАШИНОБУД.</b>	Борщик С.О.		

Дата видачі завдання 17.05.2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ. Опис призначення, принципу дії екструдера. Опис технологічної лінії виробництва труб з термопластів	17.05.2021-18.05.2021	
2.	Літературно – патентний огляд	19.05.2021-21.05.2021	
3.	Виконання параметричних розрахунків	22.05.2021-24.05.2021	
4.	Виконання креслень	25.05.2021-29.05.2021	
5.	Виконання розділу технології машинобудування	30.05.2021-01.06.2021	
6.	Виконання розділу охорони праці та навколишнього середовища	02.06.2021-03.06.2021	
7.	Загальні висновки. Перелік посилань. Оформлення додатків	05.06.2021-10.06.2021	

Студент

М.Г. Мурашківський

Керівник проекту

І.О. Казак

## ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

РЕФЕРАТ (укр.).....	1
РЕФЕРАТ (англ.) .....	1
ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ.....	1
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА .....	22
РОЗРАХУНКИ .....	25
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ .....	9
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	2
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	1
ДОДАТКИ.....	18

					ЛП71.137246.00-70ПЗ			
Зм..	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу</i>	Літ..	Аркуш	Аркушів
Розроб..	Мурашковський						4	71
Перев.	Казак					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ</i>		
Н. Контр.								
Затверд..	Гондлях							



## ABSTRACT

A bachelor's thesis project on "Extrusion ag-regatta with housing modernization" has been developed.

The explanatory note of the diploma project consists of an introduction, 68 chapters, conclusions, a list of references from 15 sources and 4 appendices, 15 figures, 7 tables. The total volume of the note is 71 pages. The graphic part contains 6 drawings in A1 format. The project describes the technological line in which the extrusion unit takes part, its purpose and place in the technological scheme are considered.

Technical characteristics were given, the structure and principle of operation of the extruder were developed, parametric, kinematic and strength calculations were performed, which confirm the practical reliability and reliability of construction machines.

In the work the literary-patent search of constructions of the extrusion unit by means of the choice of modernization of the case was carried out. As a result of the search for an updated modernization extruder with fixed plates installed on the inner wall of the housing, which increases the wear resistance of the internal structure of the housing and improves the raw material.

Also in this thesis was considered the response of the developed machine to the requirements of labor protection and provided recommendations for the use of the device for the manufacture of the flange.

Keywords: EXTRUDER, AGGREGATE, PRODUCTION, PIPES, HOUSING, WEAR RESISTANCE

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

Київ – 2021 рік

					ЛП71.137246.01-70ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб..	Мурашковський						2	22
Перев.	Казак					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ</i>		
Н. Контр.								
Затверд..	Гондлях							

# ЗМІСТ

<b>1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРУДЕРА.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Опис технологічної лінії виробництва труб.....</b>	<b>3</b>
<b>2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКСТРУДЕРА.....</b>	<b>7</b>
<b>3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ЕКСТРУДЕРА .....</b>	<b>8</b>
<b>4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОРПУСА ЕКСТРУДЕРА.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії екструдера.....</b>	<b>..14</b>
<b>4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення корпусу екструдера.....</b>	<b>.....12</b>
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>16</b>
<b>6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВК.....</b>	<b>21</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>22</b>

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРУДЕРА

Основним обладнанням для екструзії та обробки поліетилену є одночерв'ячні та двочерв'ячні екструдери, також відомі як черв'ячні преси. У деяких випадках для обробки полімерів та композицій на їх основі успішно застосовують безглинкові або дискові екструдери. Завдяки ефекту Вейзенберга в них формується утворюючий тиск. Дискові екструдери використовуються в ситуаціях, коли важливо забезпечити хорошу якість змішування, але високий тиск формування не потрібно. Також був розроблений комбінований черв'ячний екструдер, який особливо ефективний, коли потрібна висока якість змішування, а розплав оброблюваного матеріалу має відносно низьку в'язкість і відносно високу еластичність. Одночерв'ячний екструдер є найбільш широко застосовуваним у цій галузі. Майже всі відомі полімери та їх склади можуть бути оброблені екструзією на одній черв'ячній машині. Екструзійне обладнання зазвичай є частиною агрегату як пластикове обладнання. Продуктивність одного черв'ячного екструдера становить від 3 до 20 000 кг / год.

Черв'ячний екструдер призначений для отримання рівномірного розплаву полімеру та подачі його в формувальну головку під тиском.

Основним робочим органом екструдера є циліндр, а черв'як обертається в циліндрі. Завантаження оброблюваного матеріалу здійснюється завантажувальним пристроєм, а його структурна реєстрація обмежується умовами обробного матеріалу та формою частинок. Формувальний інструмент встановлюється на виході зі стовбура і нагрівається нагрівачем.

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Привід черв'яка, закріпленого в основному з'єднанні, здійснюється електродвигуном через редуктор і муфту. Під час обробки сировина надходить у черв'яка від подаючого пристрою і рухається вздовж осьового напрямку у спіральному каналі черв'яка, який утворюється ріжучою дією внутрішньої поверхні стовбура та черв'яка.

Під час руху матеріал ущільнюється і розплавляється, повітря виводиться, розплав гомогенізується і створюється тиск. Під цією дією підготовлений розплав виштовхують через формуючий інструмент. В одиночному черв'ячному екструдері напрямок руху матеріалу можна вибрати із зони: живлення (завантаження), плавлення (пластифікація) та дозування (екструзія).

У зоні живлення оброблений матеріал приймається і переміщується у напрямку зони плавлення та консолідації. З метою підвищення продуктивності в зоні завантаження використовується шнековий канал великого обсягу та форсований екструдер. У зоні плавлення відбувається плавлення полімеру, його ущільнення та видалення повітряних включень. Для ефективного виконання цих процесів об'єм черв'ячного каналу в зоні плавлення поступово зменшується, що в більшості випадків досягається зменшенням глибини каналу, кроку спіралі або обох.

У зоні дозування розплав гомогенізується і створюється тиск, під яким розплав виштовхується через формуючий інструмент.

Діаметр черв'яка може становити від 20 до 500 мм і більше і характеризується геометрією перерізу каналу (контур), довжиною різання, ступенями, ступенем стиснення та кількістю вирізів.

Довжина функціональної площі екструдера може сильно відрізнятись внаслідок характеристик оброблюваного матеріалу та особливостей технології обробки

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Прийом полімерної сировини, з урахуванням виробничої потужності і специфіки виробництва, передбачений в полімеровози 1 або контейнерах одноразового (багаторазового) використання.

З полімеровоза сировину пневмотранспортом подається в силосний склад 10. Транспортування з розвантажувального майданчика до місць зберігання сировини, що надійшла в контейнерах або мішках (технологічні добавки), здійснюється за допомогою навантажувачів 2. Сировина, що надійшла в оборотних контейнерах,

також зберігається на силосному складі. Контейнери разового використання з сировиною зберігають на контейнерному майданчику 4 або на спеціальних стелажах в приміщенні складу.

Суперконцентрат барвників надходить в мішках і зберігається партіями на стелажному складі 3. Для транспортування суперконцентрату до допоміжних маркеруючих екструдерів використовуються технологічні контейнери об'ємом до 1 м<sup>3</sup> 9, з завантаженням в установки невеликої продуктивності 7.

Перед застосуванням сировину необхідно термостатировать протягом 24 год при температурі 20-22 ° С.

Гранульований матеріал з складських ємностей або від растарочного пристрою 6 (при прийомі сировини в контейнерах разового використання) централізованим пневмотранспортом 8 подається в проміжні ємності 11 у встановлені у відділенні екструзії.

Перед надходженням в завантажувальний бункер екструдера 13 сировину підігривається і підсушується гарячим (60-80 ° С) повітрям в установленому над екструдером бункері 12 з вентилятором і електричним нагрівачем.

Між багатоконпонентним дозуючим пристроєм і екструдером встановлений прилад для виявлення металевих частинок 29.

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для екструзії труб з гранульованих полімерів використаний агрегат на базі однечерв'ячні екструдера 13.

Для маркування труб встановлений допоміжний екструдер малої продуктивності 16. Харчування допоміжного екструдера здійснюється вакуум-завантажувачем 14 з технологічного контейнера 9.

Необхідна співвідношення полімерної сировини і суперконцентрату барвника забезпечується за рахунок застосування двокомпонентного дозатора 15.

Трубна заготовка витягується пристроєм гусеничного типу 20 з прямоочною формуючої головки 17, калибрється вакуумним калибратором 18 і набуває остаточні геометричні розміри після охолодження в ванні 19 з водою.

Труби ріжуться на відрізки заданої довжини відрізним пристроєм 21 і надходять на приймальний пристрій 22.

Готові труби формуються в пакет, обв'язуються за допомогою металевої або орієнтованої поліпропіленової стрічки і транспортуються крановим пристроєм 23 на місце технологічного зберігання 24 і потім на склад готової продукції.

Перевірці і контролю в лабораторії підлягають:

- • зовнішній вигляд і якість поверхні труб;
- • розміри труб, їх овальність;
- • межа плинності при розтягуванні і відносне подовження при розриві;
- • зміна розмірів труб після їх прогріву;
- • стійкість до розтріскування;
- • температура розм'якшення по Віка;
- • водопоглинання.

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, напірні труби піддаються гідростатичним випробувань [4].

При виробництві труб з поліолефінів утворюються технологічні відходи, переробка яких здійснюється централізовано, на спеціалізованій дільниці, по двухстадійній схемою з використанням дискової пили 25, роторної дробарки 26. Подрібнені відходи в одноразових контейнерах 27 транспортуються навантажувачем на склад і після попередньої підготовки можуть бути використані для виробництва каналів зв'язку або безнапірних труб, або реалізовані на сторону.

Подача охолоджуючої води до екструзійним лініях здійснюється централізовано, від холодильної установки 28.

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

Прес працює, завдяки обертанню черв'яка (шнек) в основному робочому тілі (товстостінний циліндр). Всі черв'яки діаметром від 20 до 500 мм або більше характеризуються геометрією (контуром) поперечного перерізу каналу, довжиною нарізки, кроком, ступенем стиснення та кількістю заходів нарізки.

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

Черв'ячний прес ЧП-63х30 (рис. 3.1) складається з матеріального циліндру 1 з завантажувальною воронкою 5 і розміщених в них черв'яка 3, що приводить у рух клинопасову передачу від двигуна постійного струму 12. Всі вузли збірки преса змонтовані на звареній рамі 2, а встановлений циліндр закрито спеціальним корпусом 4.

Тепловий режим підтримується за рахунок нагрівачів 9 і 10, вентиляторів і системи повітряного охолодження циліндра.



#### 4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОРПУСА ЕКСТРУДЕРА

Мета проведення літературно – патентного пошуку - вибір технічного рішення та обґрунтування модернізації, яка забезпечить більш ефективну роботу корпуса екструдера [11-15]. Для цього знайдено 4 патенти, розглянемо їх детальніше.

У джерелі [11] розглянемо черв'ячний екструдер який забезпечує плавне регулювання прохідного перерізу запірний елемент (Рис. 4.1).

Черв'ячний екструдер містить порожнистий корпус 1 із завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 отворами, розміщений у порожнині корпуса з можливістю обертання черв'як 4, що утворює з порожниною корпуса робочий канал 5, а також запірний елемент 6 для перекриття робочого каналу 5, при цьому запірний елемент 6 виконано у вигляді кільцевого диска з отворами 7 для проходження перероблюваного матеріалу (Фіг. 1). Запірний елемент 6 по товщині виконано з двох аналогічних частин 8 і 9, установлених з можливістю повороту одна відносно одної і фіксації в заданому положенні (Фіг. 2, 3). Запірний елемент 6 при цьому може бути закріплено нерухомо як на порожнистому корпусі 1, так і на черв'яку 4.

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

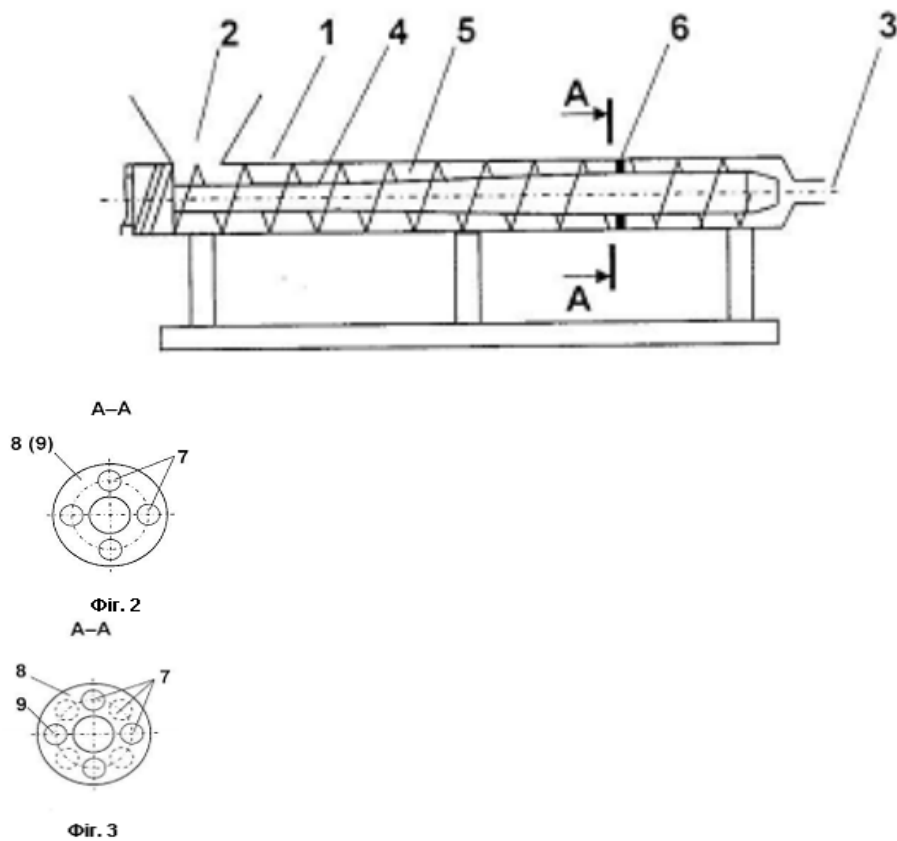


Рис 4.1 - Поздовжній розтин черв'ячного екструдера

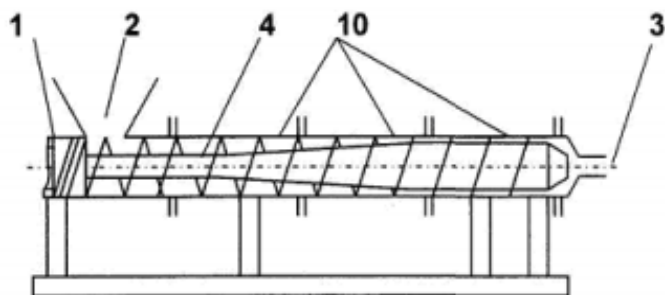
Технічний результат запропонованої конструкції є підвищення якості екструзії та якості вихідного матеріалу.

У джерелі [12] наведено наведений черв'ячний екструдер для переробки високомолекулярних сполук і матеріалів на їх основі (Рис. 4.2).

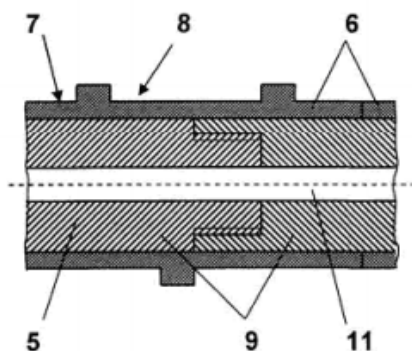
Черв'ячного екструдера; на Фіг.2 - поздовжній розріз черв'яка екструдера. Черв'ячний екструдер містить корпус 1 з завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання одним (Фіг.1) або двома (не показано) черв'яком 4, який містить осердя 5 і закріплені на ньому знімні втулки 6, зовнішня поверхня 7 яких утворює гвинтовий канал 8 (Фіг.2), при цьому осердя 5 черв'яка та корпус 1 по довжині виконано з окремих секцій: секцій 9 і 10 черв'яка 4 і корпуса 1

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно. В осерді 5 черв'яка виконано поздовжній отвір 11 для циркуляції рідкого теплоносія. Екструдер працює в такий спосіб.



Фіг. 1



Фіг. 2

Рис 4.2 – модернізований корпус

У джерелі [13] наведено машину яка належить до полімерпереробного обладнання, зокрема до пристроїв для переробки методом екструзії термопластичних полімерів і матеріалів на їхній основі, наприклад, композиційних (Рис. 4.3).

Вихідний матеріал, що підлягає переробленню, надходить у завантажувальний отвір 2 корпуса 1, де захоплюється нарізкою черв'яка 3 (див. Фіг.). Далі розплав полімеру подається під тиском в дискову порожнину 9, що утворена нерухомими дисками 7 та 8. Потік маси у порожнині 9 проходить по дискових каналах 11 та 12. Під дією перепаду тиску полімеру рухомий диск 5, який обертається разом з черв'яком 3, притискається до нерухомого диску 8. Розплав потрапляє у поглиблення 13 на торцях рухомого 5 та нерухомого 8 дисків і при обертанні черв'яка 3 перетікає з одного





різних речовин: торф, опил, кора, харчові продукти, кормові добавки, добрива, суміші тваринних матеріалів з зерновими матеріалами, суміші солом'яною борошна і зерна і т.д. та інших подібних матеріалів.

Мета - підвищення надійності з одночасним поліпшенням якості екструдювання.

У корпусі екструдера встановлені пластини 4 із загартованої сталі. Це забезпечує високу зносостійкість внутрішньої поверхні корпусу, а значить і підвищується надійність його роботи. Крім цього, поверхня пластин 4, звернена до поздовжньої осі симетрії корпусу екструдера, виконана з ребрами, завдяки якому забезпечується додаткове подрібнення та стійке просування до виходу матеріалу, що підвищує якість і надійність екструдювання.

					ЛП71.137246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Тема дипломного проекту – Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу.

Екструдер обслуговується операторами, які спостерігають за його станом та роботою зі своїх робочих місць.

Екструдер знаходиться у приміщенні в якому розміщена лінія для виготовлення полімерних труб, площа приміщення  $S=300 \text{ м}^2$ .

В робочій зоні є такі шкідливі та небезпечні фактори:

- враження електричним струмом;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум;
- повітря робочої зони;
- пожежна небезпека.

### 5.1 Небезпека враження людини електричним струмом

Приміщення, де вставлення лінія для виробництва полімерних труб приміщення по ступеню небезпеки враженням струму можна віднести до класу з підвищеною небезпекою.

Для роботи екструзійного агрегату використовуються мережа з ізолюваною нейтраллю, струм  $U=220/380 \text{ В}$ . Така мережа дає змогу використовувати два типи робочої напруги – лінійна та фазова.

Для забезпечення електробезпеки обладнання використовують наступні заходи:

а) у робочому режимі:

					ЛП71.137246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- електрообладнання в шафах встановлюють в окремих приміщеннях, які відповідають стандартам пожежної безпеки;
- проведення проводів та кабелів в ізольованих сталевих трубах;
- підведення струму до установки в недосяжності від персоналу.
- використання докової ізоляції.

б) у аварійному режимі використовується заземлення всього обладнання на виробництві і його аварійне відключення згідно ДСТУ 7237:2011

При обслуговуванні та експлуатації систем автоматичного управління дотримуються основних правил експлуатації, встановленні для електричних установок (ПУЕ-2017).

Заходи автоматичних систем управління встановлені так, щоб безпека при експлуатації та обслуговування технічного обладнання забезпечувались на досить високому рівні.

## 5.2 Виробниче освітлення

В приміщенні, де розташована лінія для виготовлення полімерних труб передбачається штучелене виготовлення полімерних труб Згідно з нормами освітленості для даного обладнання нормоване значення освітлення дорівнює  $E_{сер} = 300$  лк по ДБН В.2.5-28:2018 “Природне і штучне освітлення”.

Для освітлення операторського приміщення, площею  $300 \text{ м}^2$ , використовуємо 16 промислових LED лампи, А-LED-50x24-3-1000-165-25056 з потужністю 164 Вт (його напруга – 220 В, світловий потік – 25056 лм, Ефакт = 300 лк). Для того, щоб забезпечити рівномірне освітлення необхідно розташувати дані лампи в два ряди по 8 штук.

					ЛП71.137246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лампи створюють штучне світло, яке за рівнем яскравості наближається до природного, що відповідає ДБН В.2.5-28:2018 “Природне і штучне освітлення”.

### 5.3 Виробничий шум

Екструзійний агрегат знаходиться в закритому приміщенні, а його конструкція призводить до постійного рівня шуму, що перевищує допустимий рівень. Основним джерелом шуму під час роботи екструдера є електродвигун.

Загальний рівень шуму в цеху становить 98 дБА. Шум в приміщенні перевищує норми допустимі в ДСН 3.3.6.037–99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

Для того, щоб знизити рівень шуму у приміщенні вжиті наступні заходи:

- Висока точність монтажу обладнання,  $\Delta L=4$  дБА
- Стіна облицьована звукопоглинальною гіпсовою перфорованою пластиною  $\Delta L=10$  дБА.

Ці заходи знизили рівень шуму в цеху до 78 дБА, що відповідає допустимим нормам в 80 дБА.

Також були використані засоби індивідуального захисту персоналу від шуму, такі як протишумові навушники ПШН-Б, які знижують рівень шуму на 20 дБА;

### 5.4 Пожежна безпека

Під час роботи екструдера в рамках виробничої лінії

Полімерна трубка з використанням полімерного матеріалу,  
Температура їх займання досить низька, близько 220-280 ° С

					ЛП71.137246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Категорія приміщення В, клас захисту П-Па згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 “Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною безпекою”.

Можливі причини пожежі можуть бути:

- Коротке замикання;
- Несправність обладнання та самої мережі;
- Електростатичний заряд;
- Блок живлення або двигун перевантажені.

У приміщенні встановлені пожежні гідранти та димові сигналізатори „ПД-3”, тепловий сповіщувач „СПТ-2Б НЗ” (працює, коли температура досягає критичного значення).

У приміщенні встановлено первинні засоби пожегасіння: вогнегасники, пісочниці, відра, ковдри для пожежі тощо.

Встановіть такі вогнегасники для ліквідації невеликих пожеж до прибуття пожежної охорони:

- ручні вогнегасники „ВП-5”;
- автоматичні вогнегасники „САМ-6”.

Під час пожежі є ризик отруєння чадним газом, для мінімізації цієї небезпеки ми розмістили повітряні апарати типу „ППМ-88” та „ГП-9”.

Приміщення обладнане двома виходами, ширина кожного з виходів дорівнює 2 м, в спеціально відведених місцях розміщені схеми евакуації.

Схема евакуації приміщення зображена на рис. 5.1.

					ЛП71.137246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

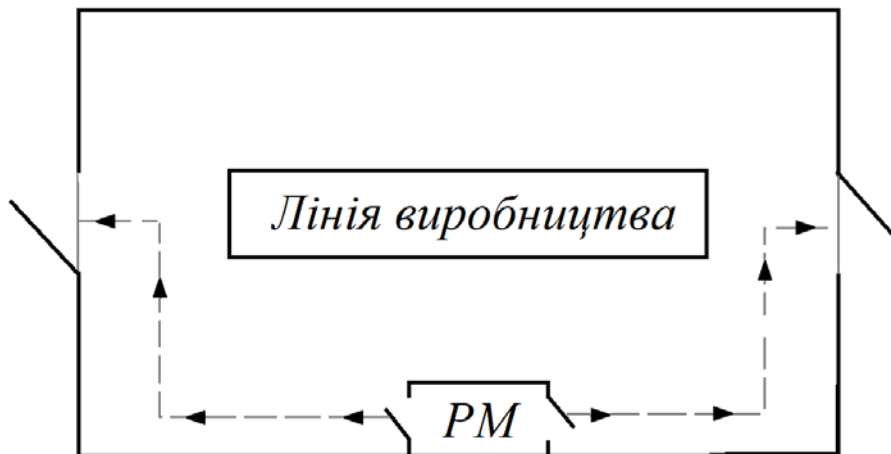


Рис. 5.1 – Схема евакуації на виробництві під час пожежі

Протипожежна безпека лінії для виробництва полімерних труб відповідає всім норма, згідно ДСТУ 8828:2019 “Пожежна безпека. Загальні положення”.

					ЛП71.137246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

При виконання дипломного проекту на тему «Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу» було вивчено конструкцію та принцип роботи екструзійного агрегату, який призначений для виробництва труб.

В ході виконання роботи проаналізовано технічні параметри екструдера ЧП-63. На основі аналізу виконано літературно-патентний пошук для подальшої модернізації екструдера. Обрано прототип на основі якого розроблено модернізацію корпусу екструдера. Використано удосконалення конструкція корпусу екструзійного агрегату яке передбачає підвищення надійності машини та якості вихідної сировини .

Розділ "Охорона праці" розкриває фактори ризику для персоналу, що обслуговує машину, під час виробництва.Згідно з виявленими шкідливими факторами та небезпеками, були розроблені методи задоволення встановлених стандартів та норм для їх подолання.

					ЛП71.137246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **РОЗРАХУНКИ**

## ЗМІСТ

<b>1 РОЗРАХУНКИ ЕКСТРУДЕРА .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка.....</b>	<b>1</b>
<b>2 КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Розрахунок продуктивності черв'ячного екструдера.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Розрахунок потужності приводу екструдера.....</b>	<b>3</b>
<b>3 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Розрахунок черв'яка на міцність.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Розрахунок черв'яка на стійкість.....</b>	<b>8</b>
<b>4 РОЗРАХУНОК КОРПУСУ ЕКСТРУДЕРА.....</b>	<b>10</b>
<b>5 КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГОЛОВКИ ЕКСТРУДЕРА.....</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Розрахунок коефіцієнта геометричної форми головки.....</b>	<b>11</b>
<b>5.2 Розрахунок перепаду тиску в екструзійній головці.....</b>	<b>14</b>
<b>6 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК.....</b>	<b>16</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>18</b>
<b>7 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ МОДЕРНІЗОВАНОГО КОРПУСА ЕКСТРУДЕРА В СИСТЕМІ ANSYS.....</b>	<b>22</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>25</b>

					ЛП71.137246.02-70PP		
Зм..	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу</i>		
Розроб..		Мурашковський					
Перев.		Казак				2	25
Н. Контр.					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ</i>		
Затверд..		Гондляр					

# 1 РОЗРАХУНКИ ЕКСТРУДЕРА

## 1.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка

Вихідні дані: діаметр черв'яка  $D = 63$  мм, загальна довжина черв'яка  $30D$ , крок нарізки черв'яка  $t = 63$  мм, матеріал що перероблюється – поліетилен низької густини. Схему черв'ячного преса зображено на рис. 1.1.

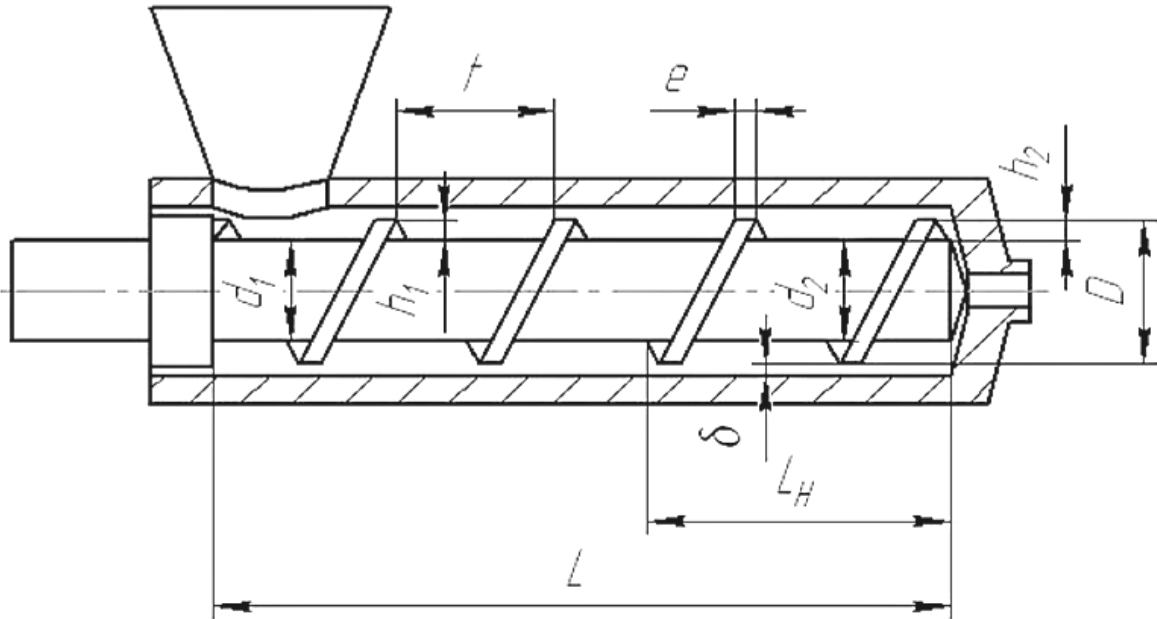


Рис.1.1 - Схема черв'ячного преса.

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка:

1. Загальна довжина черв'яка:

$$l_p = D \cdot (l_p/D) = 63 \cdot 30 = 1890 \text{ мм.}$$

2. Довжина зони дозування  $l_d$ :

$$l_d = (0,4 \div 0,6) \cdot l_p = 0,4 \cdot 1890 = 756 \text{ мм.}$$

3. Довжина зони завантаження  $l_z$ :

$$l_z = (0,25 \div 0,35) \cdot l_p = 0,25 \cdot 1890 = 472 \text{ мм.}$$

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Довжина зони пластикації  $l_{\pi}$ :

$$l_{\pi} = 0,35 \cdot l_p = 0,35 \cdot 1890 = 662 \text{ мм.}$$

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

$$t = (0,8 \div 1,2) \cdot D = 1 \cdot 63 = 63 \text{ мм.}$$

6. Ширина витка  $e$ :

$$e = (0,08 \div 0,12) \cdot D = 0,08 \cdot 63 = 5,04 \text{ мм.}$$

7. Глибина нарізки в зоні завантаження  $h_1$ :

$$h_1 = (0,1 \div 0,14) \cdot D = 0,13 \cdot 63 = 8,19 \text{ мм.}$$

8. Глибина нарізки в зоні дозування  $h_2$ :

$$i = 1,5 \dots 4;$$

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0,5 \cdot \left[ 63 - \sqrt{63^2 - \frac{4 \cdot 8,19}{2} (63 - 8,19)} \right] = 3,79 \text{ мм.}$$

9. Зазор між гребнем черв'яка і корпусом

$$\delta = (0,002 \dots 0,003) \cdot D;$$

$$\delta = 0,002 \cdot D = 0,002 \cdot 63 = 0,126 \text{ мм.}$$

## 2 КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА

### 2.1 Розрахунок продуктивності черв'ячного екструдера

1. Кут нахилу лінії нарізки:

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi D} = \arctg \frac{63}{3,14 \cdot 63} = 0,308 \text{ рад.}$$

2. Коефіцієнт прямого потоку:

$$\alpha = \frac{\pi D h_2 (t - e) \cos^2 \varphi}{2} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 3,79 \cdot (63 - 5,04) \cdot \cos^2(0,308)}{2} = 19730,61 \text{ мм}^3.$$

					ЛП71.137246.02-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

$$= \frac{3,14^3 \cdot (63 - 5,04) \cdot 756 \cdot 275912 \cdot 825 \cdot 120^2}{136 \cdot 63} \cdot 10^{-13} +$$

$$+ \frac{19730,61 \cdot 22,914 \cdot 120}{6} \cdot 10^{-5} = 9,7 \text{ кВт}$$

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

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot l_d \cdot \mu_3 \cdot n^2}{136 \cdot t \cdot \delta} \cdot 10^{-13} = \frac{3,14^3 \cdot 63^3 \cdot 5,04 \cdot 756 \cdot 186 \cdot 120^2}{136 \cdot 63 \cdot 0,126} \cdot 10^{-13} = 11,4 \text{ кВт}$$

3) Потужність, споживана в зоні дозування:

$$N_d = N_1 + N_2 = 9,7 + 11,4 = 22,1 \text{ кВт}$$

4) Потужність, споживана черв'яком:

$$N_r \approx 2N_d = 2 \cdot 22,1 = 44,2 \text{ кВт}$$

5) Потужність двигуна:

ККД приводу приймаємо  $\eta = 0,7 \div 0,8$ ;

$N_{дв} = \frac{N_r}{\eta} = \frac{44,2}{0,8} = 55 \text{ кВт}$ , отже обираємо двигун АІР225М2 (табл. 2.1). отже

обираємо двигун АІР225М2(табл.2.1)

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика двигуна АІР225М2.

Потужність $P_{дв}$ , кВт	Типорозмір двигуна	Частота обертання, $n_{дв}$ , ХВ <sup>-1</sup>	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	ККД, %	$\cos \varphi$
55,0	АІР225М2	2970	1,4	2,3	93	0,9

					ЛП71.137246.02-70РР		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

### 3 РОЗРАХУНОК ЧЕРВ'ЯКА

На черв'як діють такі зусилля (рис. 3.1):

- осьове зусилля  $P_{oc}$ ;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги  $q$ , Н/м;
- крутний момент  $M_{кр}$ , Н·м.

Першу точку опори прийнято на кінці хвостовика, а другу – в точці переходу гвинтової нарізки в циліндричну частину, яка працює як підшипник ковзання і зношується менше, ніж зовнішні поверхні витків черв'яка.

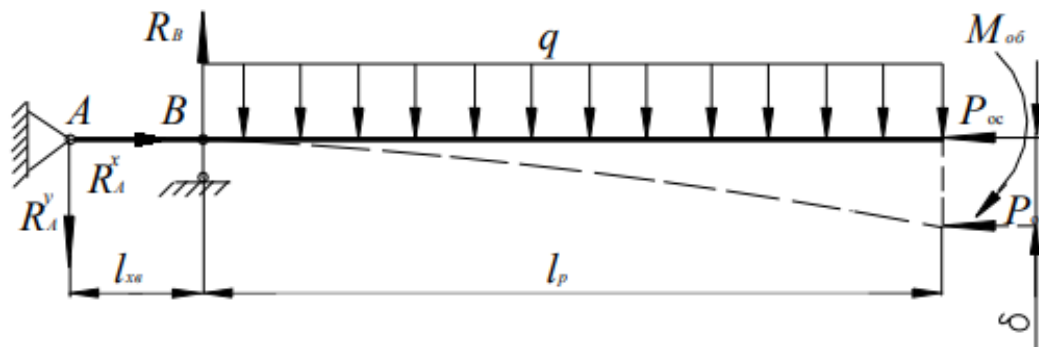


Рис. 3.1 - Розрахункова схема черв'яка

#### 3.1 Розрахунок черв'яка на міцність

1) Крутний момент  $M_{кр}$ :

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 30}{120} = 2387,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

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

2) Осьове зусилля  $P_{oc}$  :

$$P_{oc} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} \cdot \operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \cdot 2387,5}{0,063} \cdot \operatorname{tg} 0,308 = 35,52 \text{ кН}$$

де  $D$  – зовнішній діаметр черв'яка, м;  $\varphi$  – кут підйому нарізки.

3) Розподілене навантаження від власної ваги черв'яка:

									ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{35,52 \cdot 10^3}{32,6 \cdot 10^{-3}} + \frac{234,3}{1,005 \cdot 10^{-5}} = 24,4 \text{ МПа}$$

5) Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{2387,5}{2,037 \cdot 10^{-5}} = 117,2 \text{ МПа}$$

де  $W_p$  – полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,047^3 (1 - 0,34^4)}{16} = 2,037 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

6) Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{24,4^2 + 4 \cdot 117,2^2} = 235,7 \text{ МПа}$$

7) Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

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

Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА, для якої  $\sigma_t = 665 \text{ МПа}$ .

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{665}{235,7} = 2,82$$

Умова міцності черв'яка виконується.

### 3.2 Розрахунок черв'яка на стійкість

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

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma})_d \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_c} = \frac{880 \cdot 0,4}{3,45 \cdot 24,05 + 0,25 \cdot 0} = 4,24$$

де  $n_{\sigma}$  – коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження;  
 $\sigma_{-1}$  – допустиме напруження під час циклічного навантаження, приймається,  
 що  $\sigma_{-1} = 0,4\sigma_B$ ;  $\sigma_a$  – амплітуда змінення напружень (у цьому випадку вони

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінюються від  $+\sigma_{\max}$  до  $-\sigma_{\max}$ ;  $\sigma_{\max}$  – найбільше напруження від дії згинального моменту,  $\sigma_{\max} = M_{\max} / W_x$ ;  $\sigma_c$  – середнє циклове напруження ( $\sigma_c = 0$ , оскільки цикл симетричний);  $\psi_\sigma$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу (для сталі 38Х2МЮА  $\sigma_B = 880$  МПа;  $\psi_\sigma = 0,25$ );  $(k_\sigma)_d$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна визначити за формулою:

$$(k_\sigma)_d = \frac{k_\sigma}{\beta \cdot \varepsilon} = \frac{1,9}{1 \cdot 0,55} = 3,45$$

де  $k_\sigma$  – коефіцієнт концентрації напружень (для даного випадку  $k_\sigma = 1,9 - 2,0$ );  $\beta$  – коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі, для полірованої поверхні черв'яка  $\beta = 1$ ;  $\varepsilon$  – коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі, для деталей з легованих сталей за наявності концентрації напружень.

$$[n_\sigma] = 1; n_\sigma \geq [n_\sigma]; 4,24 \geq 1$$

Всі умови розрахунку черв'яка на **стійкість** виконуються.

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4 РОЗРАХУНОК КОРПУСУ ЕКСТРУДЕРА

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

Вихідні дані:

Внутрішній тиск преса  $P$ , МПа 17

Допустиме напруження для Сталі 38Х2МЮА, Мпа 665

Внутрішній діаметр корпусу  $D$ , м 0,06325

Технологічна прибавка  $C_3$ , м 0,0003

Швидкість корозії  $g$ , м/рік 0,0001

Термін використання  $\tau$ , років 13,5

Розрахункова товщина стінки:

$$S_r = \frac{P_r D}{2[\sigma] - P_r} = \frac{17 \cdot 10^6 \cdot 0,06325}{2 \cdot 665 \cdot 10^6 - 17 \cdot 10^6} = 0,00082 \text{ м}$$

$$S = S_r + C_1 + C_2 + C_3 = 0,00082 + 0,00135 + 0,00005 + 0,0003 = 0,00252 \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки  $S=0,005$  м.

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

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

$$C_2 = 0,05S = 0,05 \cdot 0,005 = 0,00025 \text{ м}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,00135 + 0,00025 + 0,0003 = 0,0019 \text{ м}$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск , МПа:

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi(S-C)}{D+S-C} = \frac{2 \cdot 665 \cdot 10^6 \cdot 0,308 \cdot (0,005 - 0,0019)}{0,063 + 0,005 - 0,0019} = 20,38 \text{ МПа}$$

Умова міцності корпусу виконується:

$$P < [P], 17 \text{ МПа} < 20,38 \text{ МПа}$$

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 5 КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГОЛОВКИ ЕКСТРУДЕРА

### 5.1 Розрахунок коефіцієнта геометричної форми головки

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

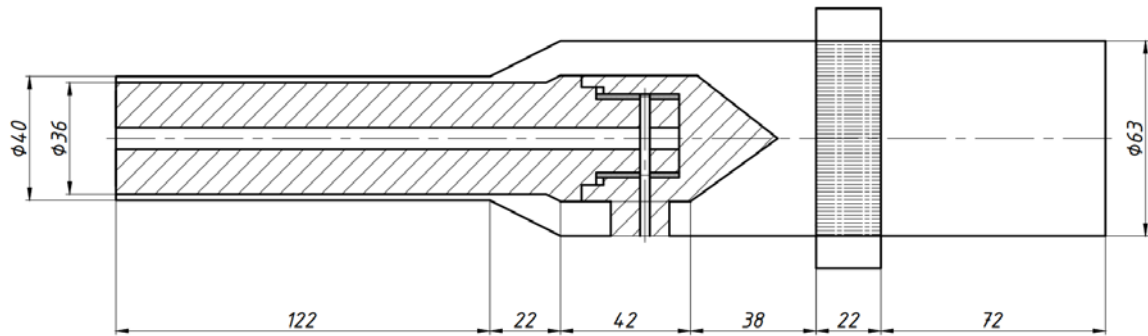


Рис. 5.1 – Розрахункова схема головки екструдера.

#### 1. 120 круглих циліндричних отворів:

$L = 22 \text{ мм}; d = 2 \text{ мм}.$

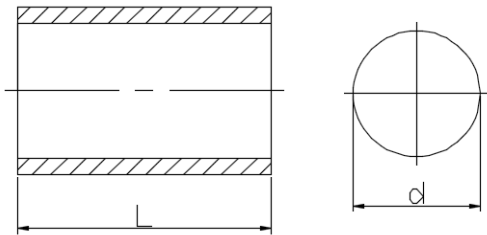


Рис. 5.2 – Ескіз для круглого циліндричного каналу.

$$K_1 = \frac{\pi d^4}{128L} \cdot 120 = \frac{3.14 \cdot 2^4}{128 \cdot 22} \cdot 120 = 2,14 \text{ мм}^3$$

#### 2. Конічний кільцевий з конічною щілиною:

$L = 38 \text{ мм}; R_1 = 15,75 \text{ мм}; R_2 = 26 \text{ мм}; \delta_1 = 31,5 \text{ мм}; \delta_2 = 11 \text{ мм}.$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.137246.02-70PP





6. Розраховуємо коефіцієнт геометричної форми головки:

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

$$= \frac{1}{\frac{1}{2,14} + \frac{1}{1793} + \frac{1}{42,43} + \frac{1}{35,91} + \frac{1}{0,326}} = 0,2788 \text{ мм}^3$$

## 5.2 Розрахунок перепаду тиску в екструзійній головці

Для кожної ділянки постійної геометрії визначають швидкість зсуву  $\gamma$ , після якої з графіка, формули або табличних даних визначають в'язкість  $\mu$ .

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

Матеріал: ПЕВТ;  $t = 130^\circ$ ;  $\mu = 3231,6 \cdot \gamma^{-0,611}$ .

1. 120 круглих циліндричних отворів:

$d = 2 \text{ мм}$ ,  $K_1 = 2,14 \text{ мм}^3$ .

$$\gamma_1 = \frac{32Q}{\pi d^3} \cdot \frac{1}{120} = \frac{32 \cdot 28992}{3,14 \cdot 2^3} \cdot \frac{1}{120} = 230,828 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot \gamma^{-0,532} = 3231,6 \cdot 230,828^{-0,611} = 116,265 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_1 = \frac{Q \cdot \mu}{K_1} = \frac{28992 \cdot 116,265}{2,14} = 1,575 \text{ МПа}$$

2. Конічний кільцевий з конічною щілиною:

$R_1 = 15,75 \text{ мм}$ ;  $R_2 = 26 \text{ мм}$ ;  $\delta_1 = 31,5 \text{ мм}$ ;  $\delta_2 = 11 \text{ мм}$ .,  $K_2 = 1793 \text{ мм}^3$ .

$$\gamma_2 = \frac{22,32Q}{\pi(R_1 + R_2)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22,32 \cdot 28992}{3,14 \cdot (15,75 + 26)(31,5 + 11)^2} = 7,565 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot \gamma^{-0,532} = 3231,6 \cdot 7,565^{-0,611} = 938,567 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_2 = \frac{Q \cdot \mu}{K_2} = \frac{28992 \cdot 925,366}{1793} = 0,0152 \text{ МПа}$$

3. Круглий кільцевий:

					ЛП71.137246.02-70РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_1 = 20 \text{ мм}; R_2 = 31,5 \text{ мм}; K_3 = 42,43 \text{ мм}^3$$

$$\gamma_3 = \frac{5,58Q}{\pi(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 28992}{3,14 \cdot (20 + 31,5)(31,5 - 20)^2} = 7,564 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot \gamma^{-0,532} = 3231,6 \cdot 7,564^{-0,611} = 938,643 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_3 = \frac{Q \cdot \mu}{K_3} = \frac{28992 \cdot 938,643}{42,43} = 0,641 \text{ МПа}$$

4. Конічний кільцевий зконічною щілиною:

$$R_1 = 26 \text{ мм}; R_2 = 19 \text{ мм}; \delta_1 = 11 \text{ мм}; \delta_2 = 2 \text{ мм}; K_4 = 35,91 \text{ мм}^3$$

$$\gamma_4 = \frac{22,32Q}{\pi(R_1 + R_2)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22,32 \cdot 28992}{3,14 \cdot (26 + 19)(11 + 2)^2} = 27,098 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot \gamma^{-0,532} = 3231,6 \cdot 27,098^{-0,611} = 430,421 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_4 = \frac{Q \cdot \mu}{K_4} = \frac{28992 \cdot 430,421}{35,91} = 0,348 \text{ МПа}$$

5. Круглий кільцевий:

$$R_1 = 18 \text{ мм}; R_2 = 20 \text{ мм}; K_5 = 0,326 \text{ мм}^3$$

$$\gamma_5 = \frac{5,58Q}{\pi(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 28992}{3,14 \cdot (18 + 20)(20 - 18)^2} = 338,953 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot \gamma^{-0,532} = 3231,6 \cdot 338,953^{-0,611} = 91,939 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_5 = \frac{Q \cdot \mu}{K_5} = \frac{28992 \cdot 91,939}{0,326} = 8,176 \text{ МПа}$$

Загальний перепад тиску в головці розраховується за формулою:

$$\Delta P = \sum \Delta P_i = 1,575 + 0,0152 + 0,641 + 0,348 + 8,176 = 10,755 \text{ МПа}$$



$\alpha_K$ - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

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

де  $Nu$ - критерій Нуссельта,

$\lambda_M$  - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі,

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

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

де  $Gr$ - критерій Грасгофа, визначений за формулою:

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

Розрахункова температура:

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

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі:

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

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

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

За формулою знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_M^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,23^3 \cdot 9,8}{(18,95 \cdot 10^{-6})^2} \cdot (45 - 20) = 27,17 \cdot 10^6$$

Добуток  $Gr \cdot Pr$  :

$$Gr \cdot Pr = (27,17 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 19,02 \cdot 10^6$$

Критерій Нуссельта знаходимо за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n = 0,54 \cdot (19,02 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 35,66$$

						ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

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

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{B} = \frac{35,66 \cdot 2,69 \cdot 10^{-2}}{0,23} = 4,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{\text{кож}} - T_B) = 4,17 \cdot 0,318 \cdot (45 - 20) = 33,15 \text{ Вт}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 5,67 \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,318 \cdot \left( \left( \frac{306,5}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right) = 15,74 \text{ Вт}$$

де  $E = 0,6$  - степінь чорноти матеріала кожуха,

$T_1 = 306,5 \text{ К}$  - абсолютна температура кожуха,

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

Втрати тепла в оточуюче середовище визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}} = 33,15 + 15,74 = 48,89 \text{ Вт}$$

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

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

де  $G_B$  – витрата води ( $G_B = 0,0174 \text{ кг/с}$ ),

$C_B$  – питома теплоємність води ( $C_B = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ ),

$\Delta t_B$  – перепад температур води між входом та виходом ( $\Delta t_B = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

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

4) Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{QI} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{II}) + Q_{\text{втр}} + Q_o - Q_N = (0,0272 \cdot 6,046 \cdot (130 - 20)) + 48,89 + 20462,4 - 21120 = 18,42 \text{ кВт}$$

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 13 індукційних нагрівників типу ІОТ – 15 потужністю 1,5 кВт.

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ МОДЕРНІЗОВАНОГО КОРПУСА ЕКСТРУДЕРА В СИСТЕМІ ANSYS

Метод скінченних елементів (МКЕ) - це потужний та надійний інструмент, який можна використовувати для перевірки поведінки конструкцій під різними навантаженнями та болтами. В даний час на ринку програмного забезпечення існує велика кількість комплексів МСЕ, включаючи ANSYS, NASTRAN, ABAQUS тощо.

Розрахунок проводиться на модернізованому корпусі екструдера. Для того, щоб показати силу, що діє на нього, і забезпечити, щоб компонент витримував зазначене навантаження. Розрахунки виконуються в середовищі ANSYS Workbench з використанням попередньо побудованих 3D-моделей програмного пакету SOLIDWORKS.

Розбиваємо модель на скінченні елементи.

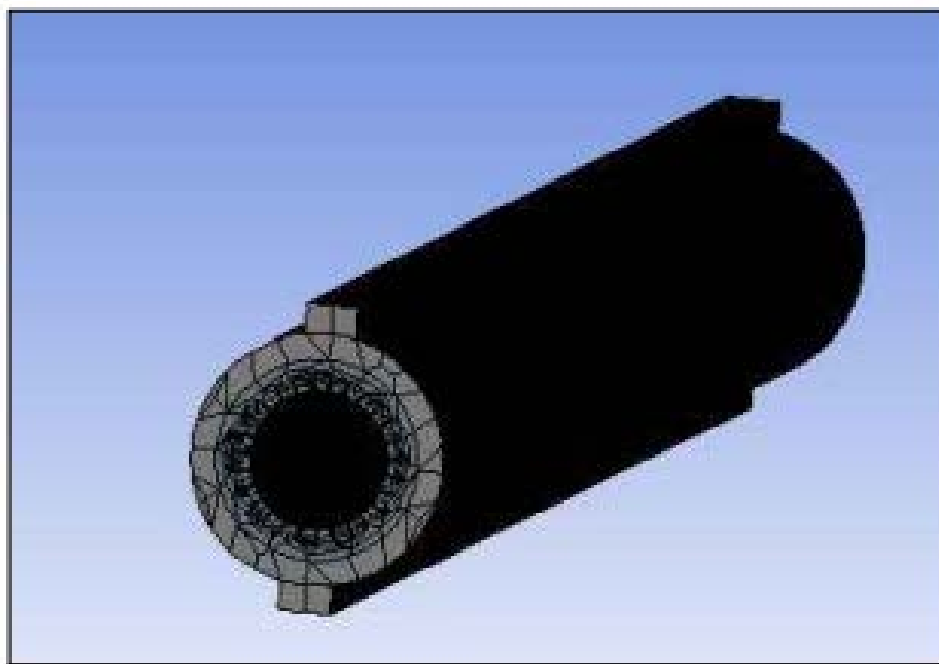


Рис 7.1 – Сітка скінченних елементів деталі

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантажуюмо нашу деталь.

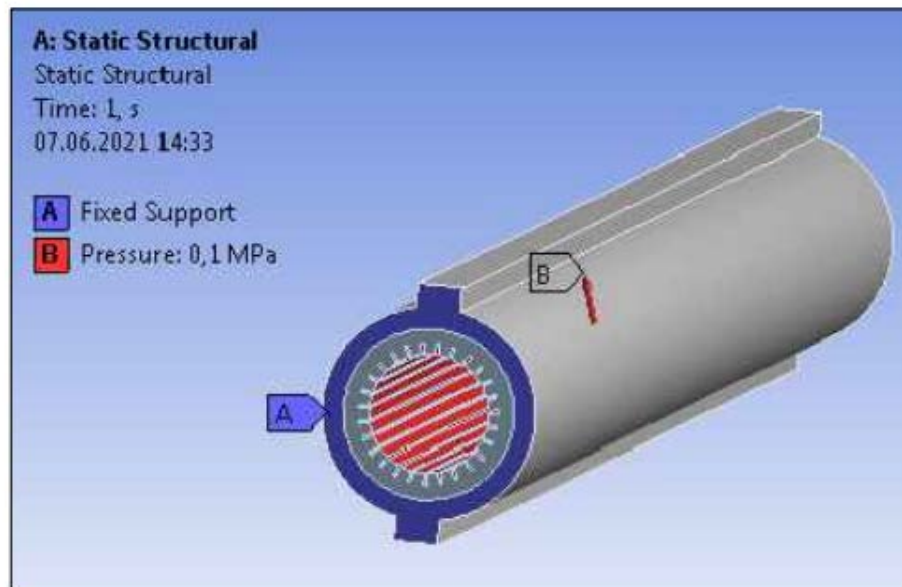


Рис 7.2 – Схема закріплень та навантаження корпуса

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

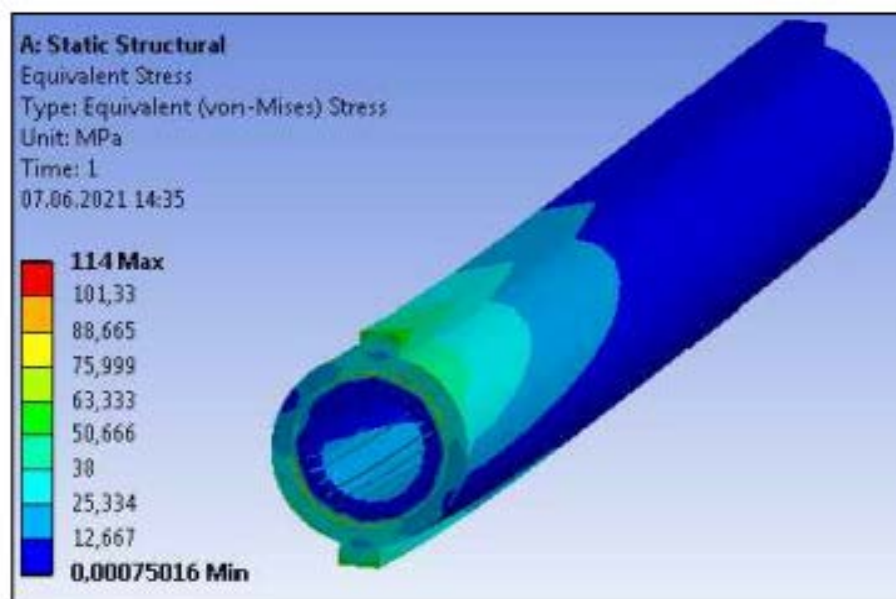


Рис 7.3 – Еквівалентні напруження

										ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

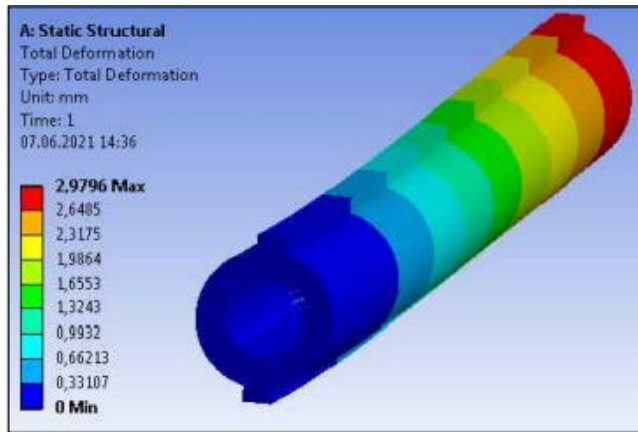


Рис 7.4 – Максимальні сумарні переміщення

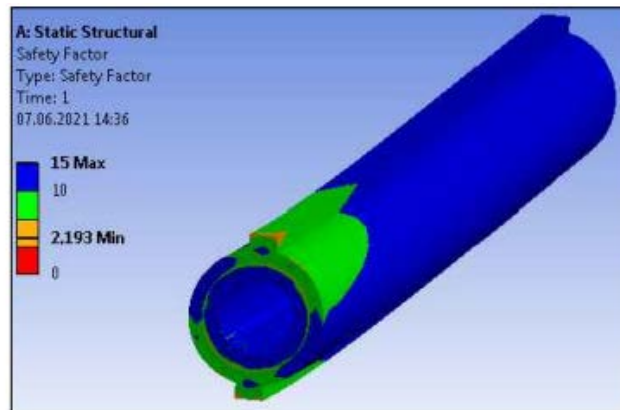


Рис 7.5 – Коефіцієнт запасу міцності

Умова міцності модернізованого корпусу виконується:  
 $63,333 \text{ МПа} < 114 \text{ МПа}$ , запас міцності 1,8.

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У розділі розрахунки були виконані розрахунки базової конструкції екструдера параметричні , кінематичні , теплові та розрахунки на міцність корпусу екструдера, які підтверджують його працездатність.

Також в системі ANSYS виконані розрахунки модернізованого корпусу екструдера на міцність, які показують що модернізований корпус екструдера витримує прикладені навантаження та не перевищує максимально допустимі, та забезпечує тим самим надійну роботу екструдера модернізованого.

					ЛП71.137246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ**

## ЗМІСТ

<b>1.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....</b>	<b>2</b>
<b>2.ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.Опис конструкції пристосування і принципу роботи.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Розрахунок сил закріплення.....</b>	<b>7</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>9</b>

					ЛП71.137246.03-70ТЕ			
Зм..	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб..		Мурашковський			<i>Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу</i>	Літ..	Аркуш	Аркушів
Перев.		Казак					2	9
						<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ</i>		
Н. Контр.								
Затверд..		Гондях						

## І. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Метою цієї частини проекту є розробка технологічного процесу для виготовлення деталей-фланців (рис. 1.1) та проектування технологічного обладнання (пристроїв) для однієї з операцій виготовлення деталей.

У роботі були вирішені такі завдання:

Розробка технологічного процесу для виготовлення деталі "фланець", що включає вибір способу виготовлення заготовки, призначення послідовності операцій, підбір обладнання та інструментів для кожної операції в процесі, розрахунок ріжучих елементів, і специфікація часу

Фланець з'єднує корпус черв'ячного преса з коробкою передач. Фланець працює під високим тиском. Деталі відповідальні та щільні. Внутрішні та зовнішні дефекти не допускаються. [1]

Матеріал деталі має достатню пластичність для обробки. Форма та розмір заготовки близькі до форми та розміру готової деталі, що є ознакою технологічності (рисунок 1.2).

Виробничий матеріал сталь 40Х ГОСТ 4543-71 дуже підходить для різання стандартних ріжучих матеріалів. Всі деталі поверхні можна використовувати для різання інструментом.

В іншій частині складається з однорідних конструктивних елементів з найкращою точністю та шорсткістю поверхні, що дозволяє використовувати високоефективне обладнання та стандартне обладнання з хорошим технічним фундаментом.

					ЛП71.137246.03-70ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

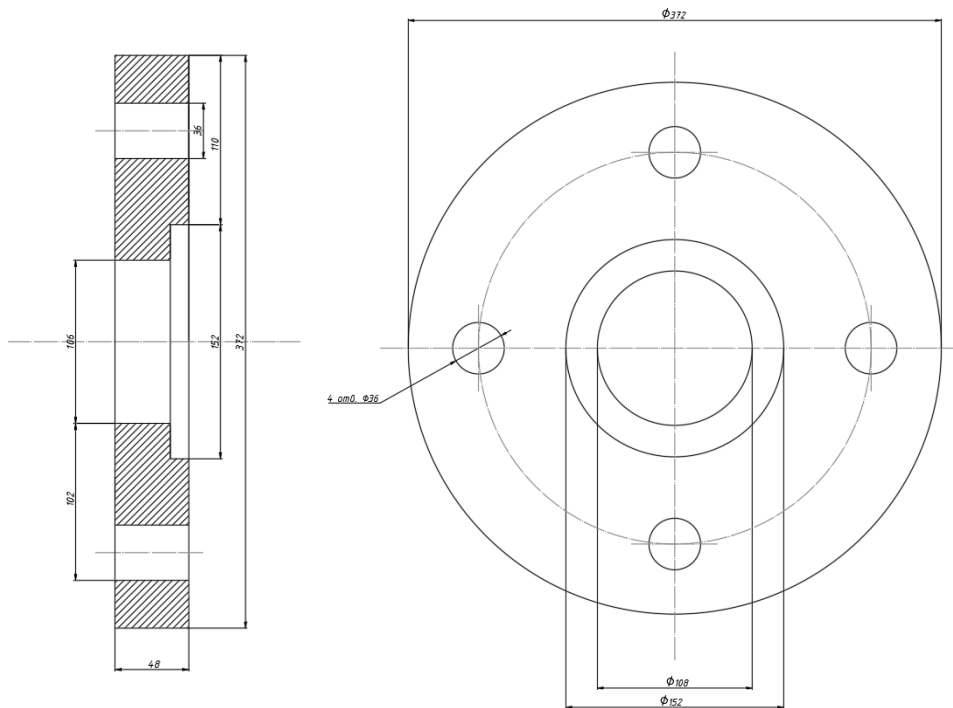


Рисунок 1.1 – Фланець

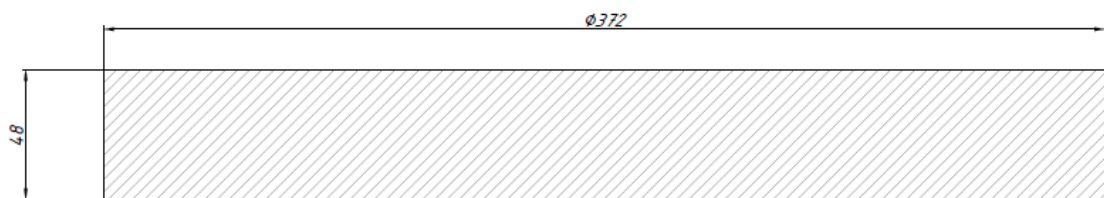


Рисунок 1.2 – Заготовка фланця

Процес виготовлення фланців наведено в маршрутній карті, принциповій схемі та операційній картах.

					ЛП71.137246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2. ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ

### 2.1 Опис конструкції пристосування і принципу роботи

При виготовленні деталі фланець виконується токарна та сверлильна операція. Щоб здійснити токарну операцію був використан трикулачковий патрон, у якому закріплення деталі відбувається за допомогою трьох кулачків, що притискають деталь при обробці. Трикулачковий патрон призначений для закріплення оброблюваних заготовок на верстатах токарної групи в умовах серійного й масового виробництва.

Патрон з жорстким центруючим елементом і трьома прихватами працює наступним чином. Втулка, центрується обробленим отвором на пальці 5, а торцем фланця прилягає до торця кільця 3. Осьовий затиск деталі здійснюється трьома важелями(прихватами) 4, до яких рух від пневмоциліндра передається завдяки тязі 13 і коромислу 11.

Для того, щоб забезпечити затиск деталі рівномірно всіма важелями передбачене використання сферичних шайб 9 і 10, які дають коромислу качатися. Під час зворотнього ходу тяги 13 кільце 12 тисне на коромисло і переміщує його вправо. При цьому важелі 4 ковзають вздовж сухарів 6, що розміщені в кришці 2 і під впливом пружин 8 і плунжерів 7 розкриваються, щоб звільнити деталь, що обробляється. Для безпеки роботи пристрій вкритий кожухом 1.

					ЛП71.137246.03-70ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

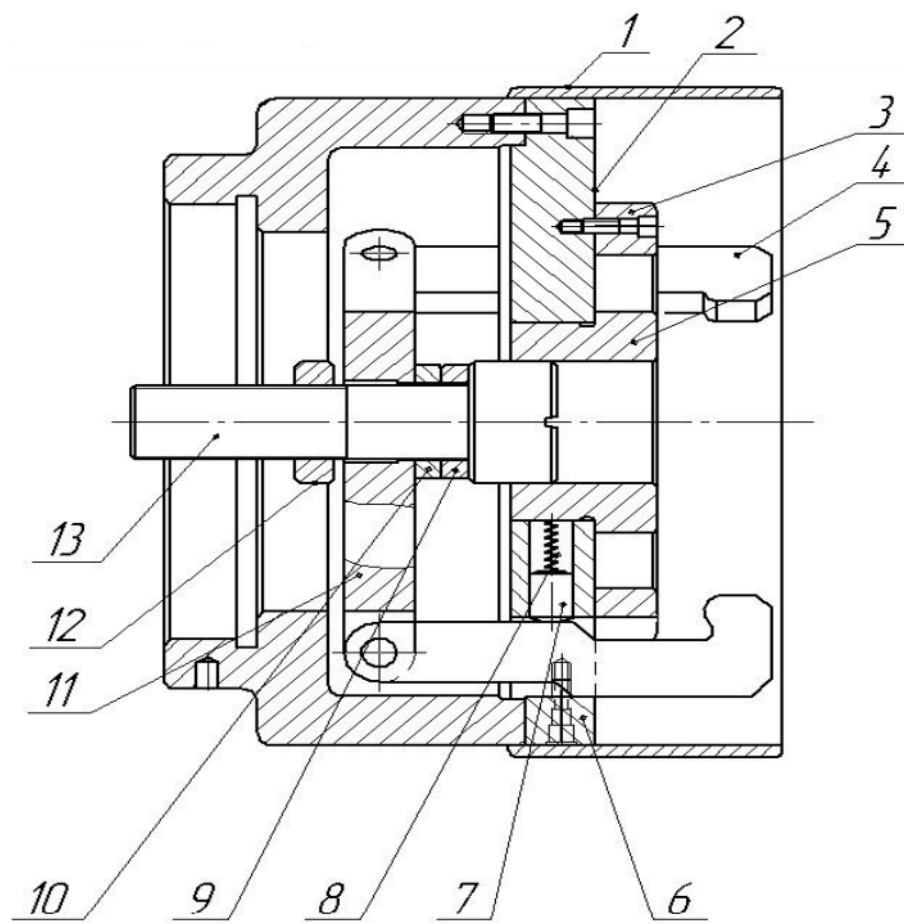


Рис. 2.1 - Патрон з жорстким центруючим елементом і трьома прихватами

					ЛП71.137246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.1 Розрахунок сил закріплення

Закріплення заготовки в патроні виконується за допомогою кулачків

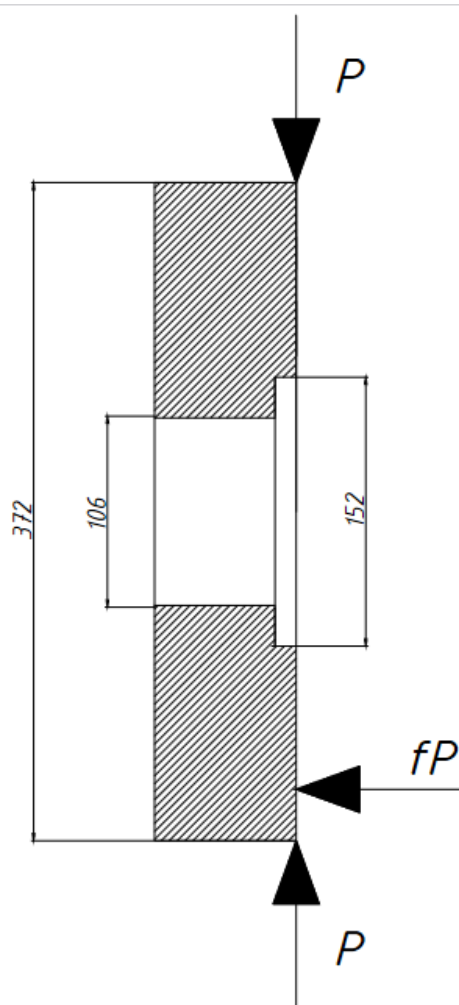


Рис 2.2 – Розрахункова схема закріплення

Визначаємо силу притискання заготовки  $P$

$$P = \frac{2KM}{(nDf)} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 40}{3 \cdot 0,372 \cdot 0,16} = 1344 \text{ Н};$$

$M_{\max}$  – максимальній обертовий момент,  $M_{\max} = 40 \text{ Нм}$ ;

$D$  – діаметр базової поверхні,  $D=0,372 \text{ м}$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,16$ ;

$n$  – кількість кулачків,  $n = 3$ ;

					ЛП71.137246.03-70ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K$  – коефіцієнт запасу,  $K = 3$ ;

Діаметр затискного гвинта:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{P}{\sigma}} = 1,4 \sqrt{\frac{484}{9 \cdot 10^7}} = 0,005 \text{ м};$$

Приймаємо діаметр гвинта затискаючого механізму Tr 5x2

## ВИСНОВКИ

При розробці процесу виготовлення фланця враховується використання фланця та конструктивні характеристики деталі; описана процедура та всі стадії процесу виготовлення деталі "фланець", які представлені на дорожній карті, принципова схема та схема роботи; вибір; спосіб виготовлення заготовки; вибір обладнання для токарних верстатів з ЧПУ; розрахунок максимальної сили затискання обладнання.

					ЛП71.137246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

Розглянуто призначення фланця, її конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання однієї з операцій виготовлення фланця, а саме патрон з жорстким центруючим елементом і трьома прихватами. Розраховано сили закріплення.

За темою дипломного проекту підготовано та опубліковано 1 тезу у збірнику ІХФ за результатами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції “Ефективні процеси обладнання та хімічних виробництв та пакувальної техніки”, 7-8 червня 2021р..

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. - М.: Химия, 1986. - С. 196, рис. 4.36.
2. Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс. Принцип действия конструирования и эксплуатации;. - Л.: Госхимиздат, 1962. - С. 49.
3. Сокольський О.Л., Сімончук Є.П. "Моделювання усадки полімерного виробу в процесі лиття під тиском". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. N 1. С. 119- 126. DOI: 10.20535/2617-9741.1.2019.171203.
4. Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Івіцький І. І., Куриленко В.М. "Перспективи створення й використання інтелектуальних виробів із наномодифікованих полімерних композитів". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2017. N 1. С. 7-14. DOI: 10.20535/2306-1626.1.2017.119417.
5. Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Олексишен В.О.. "Моделювання течії розплавів полімерів за наявності низьков'язкого пристінного шару". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. N 1. С. 35-40. DOI: 10.20535/2617-9741.1.2019.171033.
6. Сівецький В. І. Комп'ютерне проектування екструзійного полімерного устаткування. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2003. – 184 с.
7. Сівецький В. І., Радченко Л. Б. Основи моделювання та конструювання червячних екструдерів. Навч. пос. К.: «Політехніка», 2002. – 164 с.
8. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. М. Химия, 1986, 400 с.

					ЛП71.137246.00-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





## **ДОДАТКИ**

Таблиця А.1 – Таблиця огляду патентів вибору модернізації корпусу екструдера

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, автор, дата опублікування	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР	UA №54940(2009) МПК В29С 47/36 Автор(и): КУЗЬМІНА В.О. МІКУЛЬОНОК І.О. ШВЕД Д. М. ШВЕД М. П., Опубл. 25.08.2009	Корисна модель належить до полімерпереробного обладнання, зокрема до пристроїв для переробки методом екструзії полімерів і матеріалів на їх основі. Ціль: вдосконалення одночерв'ячного екструдера, забезпечення швидкої заміни найбільш вразливих з точки зору зношування елементів: опорно-упорних кілець, що істотно підвищує ремонтпридатність екструдера та його надійність, безперервне проходження перероблюваним матеріалом екструдера, а отже відсутність застійних зон і високу якість одержуваної продукції при будь-якій продуктивності екструдера.
2	КОРПУС ЕКСТРУДЕРА	RU №2010140649/13 (2011)	корисна модель відноситься до шнекових екструдерів, призначених для

		МПК A23N 17/00(2006) Автор(и): Костин В.В. Погорельская О.И. Симоненко В.И., Опубл. 20.04.2011	застосування в хімічних та інших галузях промисловості, для переробки різних речовин Ціль: мета корисної моделі - підвищення надійності з одночасним поліпшенням якості екструдуювання, за рахунок застосування сталевих, змінних, пластин із загартованої сталі.
3	ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР	UA №201015480 МПК B29C47/38 МПК B30B9/14 Автор(и): Зубрій О.Г., Опубл. 25.06.11	Корисна модель належить до обладнання для перероблення високомолекулярних сполук і матеріалів з їх використанням, зокрема до черв'ячних екструдерів Ціль: вдосконалити черв'ячний екструдер, у якому нове конструктивне виконання його запірною елемента забезпечує плавне регулювання прохідного перерізу запірною елемента (площі отворів «у світу»), а отже і можливість ефективного перероблення широкого класу матеріалів.
4	ЧЕРВ'ЯЧНО-ДИСКОВИЙ ЕКСТРУДЕР	UA №200807992 МПК B29C47/36 Автор(и): Сівецький В.І., Опубл. 25.11.2008	Корисна модель належить до полімерпереробного обладнання, зокрема до пристроїв для переробки методом екструзії термопластичних полімерів і матеріалів на їхній основі, наприклад, композиційних

			Ціль: удосконалення відомий черв'ячно- дисковий екструдер шляхом утворення додаткових хвильових каналів, що забезпечить підвищення змішувальної ефективності при проходженні розплаву крізь них.
--	--	--	--

# **СПЕЦИФІКАЦІЇ**

Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
		<u>Документація</u>		
	ЛП71.131315.001-70ТС	Експлікація		
		<u>Складальні одиниці</u>		
1	ЛП71.131315.001.01	Полімеровоз	1	
2	ЛП71.131315.001.02	Навантажувач	1	
3	ЛП71.131315.001.03	Стелажний склад	1	
4	ЛП71.131315.001.04	Контейнерний майданчик	1	
5	ЛП71.131315.001.05	Растарочний пристрій	1	
6	ЛП71.131315.001.06	Кран	1	
7	ЛП71.131315.001.07	Установки не великої продуктивності	1	
8	ЛП71.131315.001.08	Пневмотранспорт	1	
9	ЛП71.131315.001.09	Технологічний контейнер	1	
10	ЛП71.131315.001.10	Склад	1	
11	ЛП71.131315.001.11	Проміжні ємності	1	
12	ЛП71.131315.001.12	Бункер для підігріву	1	
13	ЛП71.131315.001.13	Екструдер	1	
14	ЛП71.131315.001.14	Вакумний-завантажувач	1	

					<b>ЛП71.131315.001-70ТС</b>			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Разраб.		Мурашковський			Технологічна лінія для виробництва труб	Літ.	Аркуш	Арк
Перев.		Казак						
Н.контр						НТУУ "КПІ" ім.І.Сікорського		
Затв.		Гондляр О.В						

Поз.	Позначення	Наименование	Кол.	Прим.
15	ЛП71.131315.001.15	Двокомпонетний дозатор	1	
16	ЛП71.131315.001.16	Екструдер малої продуктивності	1	



Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
А1			ЛП71.131242.002-70СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ЛП71.131242.002.01	Корпус головки лівий	1	
		2	ЛП71.131242.002.02	Корпус головки правий	1	
		3	ЛП71.131242.002.03	Дорноутримувач	1	
		4	ЛП71.131242.002.04	Фланець	1	
		5	ЛП71.131242.002.05	Втулка	1	
		6	ЛП71.131242.002.06	Матриця	1	
		7	ЛП71.131242.002.07	Дорн	1	
		8	ЛП71.131242.002.08	Розсікач	1	
		9	ЛП71.131242.002.09	Прижимна шайба	1	
		10	ЛП71.131242.002.10	Фільтруюча сітка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		11		Штуцер ГОСТ 16045-70	1	
		12		Термопара ГОСТ 5043-92	1	
		13		Термопара ГОСТ 5043-92	2	
		14		Болт М 20-6gx85.8.8 ГОСТ 7798-70	4	
		15		Болт М 18-6gx155.8.8	4	
<b>ЛП71.131242.002-70СП</b>						
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		
Разраб.		Мурашковський				
Перев.		Казак				
Н.контр						
Затв.		Гондлях				
<b>Формуюча головка</b>					Літ.	Аркуш
						1
						2
КПІ ім.Ігоря Сікорського ІХФ						



Форм ат	Зона	Пози ція	Позначення	Найменування	Кільк ість	Примітка
				<u>Документація</u>		
А1			ЛП71.131213.000-70СП	Загальний вид		
				Складальні одиниці		
		1	ЛП71.131213.000.01	Рама	1	
		2	ЛП71.131213.000.02	Кожух корпусу	1	
		3	ЛП71.131213.000.03	Плита опорна	1	
		4	ЛП71.131213.000.04	Бункер	1	
		5	ЛП71.131213.000.05	Система охолодження	1	
		6	ЛП71.131213.000.06	Корпус	1	
		7	ЛП71.131213.000.07	Головка екструдера	1	
		8	ЛП71.131213.000.08	Черв 'як	1	
		9	ЛП71.131213.000.09	Завнтажувальна воронка	1	
				Деталі		
		10		Втулка	1	
		11		Плита несуча	1	
		12		Кришка	1	
				Стандартні вироби		
		13		Болт М 30-6g[400.8.8 ГОСТ 7798-70	8	
		14		Болт М 6-6gx16.8.8 ГОСТ 7798-70	8	
				<b>ЛП71.131242.002-70СП</b>		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		
Разраб.		Мурашковський			Літ.	Аркуш
Перев.		Казак				3
Н.контр						1
<b>Екструзійний агрегат з модернізацією корпусу</b>					КПІ ім.Горьа Сікорського ІХФ	

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
		15		Болт М 10-6gx25.8.8	10	
				ГОСТ 7798-70		
		16		Болт М 16-6gx90.8.8	6	
				Г ГОСТ 7798-70		
		17		Болт М 16-6gx40.8.8	8	
				Г ГОСТ 7798-70		
		18		Болт М 20-6gx70.8.8	6	
				ГОСТ 7798-70		
		19		Болт М 24-6gx70.8.8	4	
				ГОСТ 7798-70		
		20		Гайка М 16.6.06	8	
				ГОСТ 5915-70		
		21		Гайка М 24.6.06	6	
				ГОСТ 5915-70		
		22		Гайка М 30.6.06	6	
				ГОСТ 5915-70		
		23		Гвинт М 4 x 10	6	
				ГОСТ 1791-80		
		24		Шайба 16.65 Г .05	8	
				ГОСТ 11598-80		
		25		Шайба 16.65 Г .05	6	
				ГОСТ 11598-80		
		26		Шайба 20.65 Г .05	14	
				ГОСТ 11598-80		
		27		Шайба 24.65 Г .05	4	
Изм	Ли ст	№ докум.	Подп	Дата	ЛП71.131242.002-70СП	
						2







Додаток В

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування  
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України  
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України  
Академія будівництва України

**ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ  
XIII Всеукраїнської  
науково-практичної конференції**

**ЕФЕКТИВНІ ПРОЦЕСИ ТА  
ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ  
ВИРОБНИЦТВ ТА ПАКУВАЛЬНОЇ  
ТЕХНІКИ**

Київ, 7-8 червня 2021 року

2021

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Стор.

Кувшинов О. В., Сівецький В. І. Модернізація черв'ячного екструдера.....	5
Демченко К.О., Сівецький В.І. Модернізація завантажувальної секції одночерв'ячного екструдера.....	6
Костюченко Д.О., Сівецький В.І. Модернізацією привода одночерв'ячного екструдера.....	7
Мацагор В.В., Сівецький В.І. Екструзійний агрегат для обробки гумових сумішей.....	8
Тютюнник М.І., Сівецький В.І. Модернізація екструзійної головки.....	9
Тютюнник М.І., Сівецький В.І. Удосконалення екструзійної головки.....	10
Тараненко М.Г., Сівецький В.І. Модернізація екструзійної головки для виготовлення пластикових труб.....	12
Різник Д.О., Сівецький В.І. Завантажувальний пристрій екструдера.....	13
Мальчевський О.Т., Сівецький В.І. Модернізація черв'ячного екструдера.....	15
Скринніков А.В., Сівецький В.І. Модернізація системи самоочистки електрофільтра для очищення повітря та викидів.....	16
Скринніков А.В., Казак І.О. Підвищення ефективності очищення пластинчастих електрофільтрів шляхом модернізації системи струшування електродів.....	18
Колишкін В.О., Казак І.О. Вибір типу технологічної лінії виготовлення рукавної плівки.....	20
Колишкін В.О., Казак І.О. Один з способів удосконалення головки екструдера для виготовлення рукавної плівки.....	22
Мурашківський М.Г., Казак І.О. Один з способів удосконалення конструкції корпусу екструзійного агрегату з метою підвищення його надійності і якості екструдуювання.....	24
Педь В.О., Чемерис А.О. Модернізація барабана трубного млина.....	25
Лакоцін К.Ю., Чемерис А.О. Модернізація екструдера.....	27
Бондар Р. С., Чемерис А.О. Модернізація гранулюючого пристрою.....	28
Гунько Б.С., Чемерис А.О. Модернізація бункера екструдера.....	30
Бабушкіна М. С., Гур'єва Л.Н. Модернізація екструзійної головки.....	31
Богатирьов В.В. Екструдер для переробки вторинних полімерних матеріалів...33	
Богатирьов В.В. Дослідження напружено-деформованого стану черв'яка.....34	
Грисюк В.С. Вторинна переробка полімерних матеріалів.....35	
Глибовець С. В. Модернізація завантажувального пристрою екструдера.....	37
Витвицький В.М., Мікульонок І.О., Сокольський О.Л. Вплив параметрів процесу живлення шнекових машин на коефіцієнти бічного тиску та приведенного тертя гранульованого полівінілхлориду.....38	
Комнацький К.Ю., Борщик С.О. Модернізація екструзійної головки для виготовлення рукавної плівки.....41	

Комнацький К.Ю., Борщик С.О. Модернізація екструзійної головки для виготовлення біорозкладаної плівки.....	42
Гулаєвич С.О., Борщик С.О. Розрахунок відносної деформації втулки модернізованої формуючої головки у порівнянні з базовою конструкцією.....	43
Іванніков В.Е., Борщик С.О. Модернізацією завантажувального пристрою екструзійного агрегату.....	45

## Один з способів удосконалення конструкції корпусу екструзійного агрегату з метою підвищення його надійності і якості екструзування

Мурашковський М.Г., студ., Казак І.О., доц., к.п.н., доц. каф. ХПСМ  
 Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
 інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Пропонується один з способів удосконалення конструкції корпусу екструдера, у якому внутрішня поверхня корпусу виконана з жорстко закріплених пластин із загартованої сталі. Така конструкція корпусу екструзійного агрегату забезпечує високу зносостійкість внутрішньої поверхні корпусу та підвищує надійність його роботи. Також запропонована конструкція внутрішнього корпусу екструдера зі сталевих пластин, що мають оребрення, сприяє додатковому стійкому просуванню до виходу екструзуємого матеріалу, що підвищує якість екструзування.*

Шнековий екструзійний агрегат призначений для переробки різних речовин у хімічній, харчовій та інших галузях промисловості. Екструзія (лат. extrusio — «виштовхування») — процес отримання виробів шляхом продавлювання (екструзування) матеріалу через формувальний отвір у матриці або серії матриць. Екструдер (екструзійний прес) — машина для формування пластичних матеріалів, шляхом надання їм форми, за допомогою продавлювання (екструзії) через профілювальний інструмент — екструзійну головку [1].

Найбільш поширеним недоліком екструдерів для виготовлення труб є великий знос внутрішньої поверхні корпусу, а також низька якість екструзування. Також недоліком цільних корпусів екструдера є важкість в обслуговуванні.

З метою усунення зазначених недоліків пропонується удосконалення конструкції екструзійного агрегату для виготовлення труб з термопластів на основі прототипу [2], яке полягає в тому, що у внутрішня поверхня корпусу екструдера виконана з пластин із загартованої сталі. Удосконалена конструкція екструзійного агрегату представлена на рис. 1.

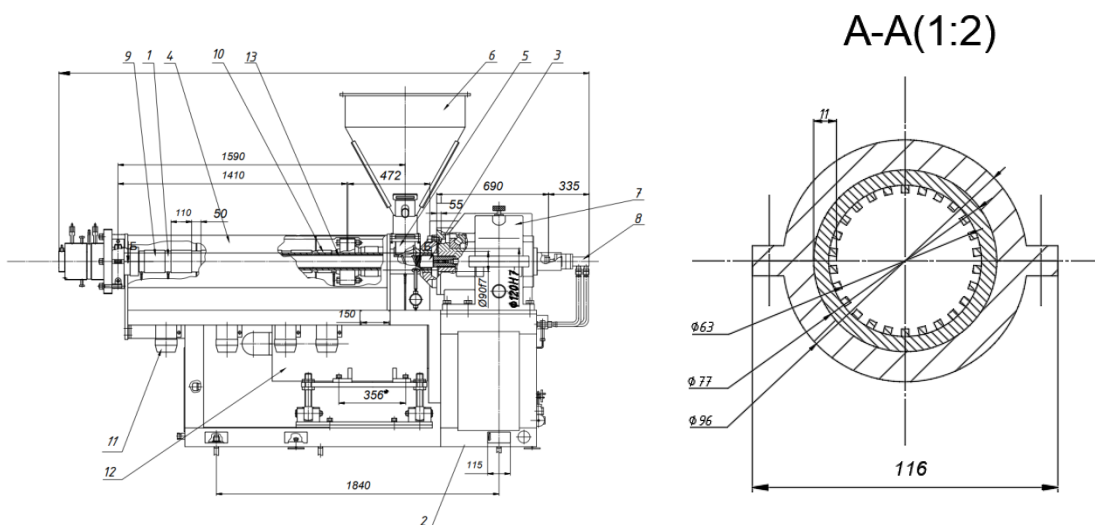


Рис. 1. Загальний вид екструдера з удосконаленою конструкцією корпусу зі сталевих пластин:

1 – циліндр екструдера, 2 – рама, 3 – черв'як, 4 – кожух, 5 – лійка завантажувальна, 6 – завантажувальний бункер, 7 – редуктор, 8 – пристрій охолодження черв'яка, 9,10 – індукційні нагрівачі, 11 – вентилятор, 12-електродвигун, 13 – сталеві пластини.

Запропонована удосконалена конструкція екструзійного агрегата складається з матеріального циліндру 1 з вбудованими сталевими пластинами 13 з завантажувальною воронкою 5 і розміщених в них черв'яка 3, що приводить у рух клинопасову передачу від двигуна постійного струму 12. Всі вузли збірки преса змонтовані на зварній рамі 2, а встановлений циліндр закрито спеціальним корпусом 4. Тепловий режим підтримується за рахунок нагрівачів 9 і 10, вентиляторів і системи повітряного охолодження циліндра [2].

Удосконалений корпус екструдера виконаний у вигляді пустотілого циліндра з можливістю роз'єднання на дві частини в площині, що проходить через повздовжню вісь симетрії корпусу, з завантажувальним отвором. У корпусі встановлені пластини, які виконані із загартованої сталі і повторюють форму внутрішньої поверхні корпусу екструдера і жорстко встановлених всередині його. Пластини встановлені з перекриттям ліній роз'єму корпусу екструдера. Сторони пластин, звернені до поздовжньої осі симетрії корпусу екструдера, виконані з ребрами. Завдяки встановленню на внутрішній стороні корпусу екструдера пластин із загартованої сталі забезпечується висока зносостійкість внутрішньої поверхні корпусу екструзійного агрегату, а значить і підвищується надійність його роботи, а завдяки ребренню пластин внутрішньої поверхні корпуса забезпечується додаткове стійке просування матеріалу по екструдеру.

Таким чином, запропоноване удосконалення конструкції корпусу екструзійного агрегата дозволяє забезпечити високу зносостійкість внутрішньої поверхні корпусу, а відповідно підвищити надійності його роботи, крім цього виконання пластин з ребренням забезпечує додаткове змішування та стійке просування матеріалу по корпусу екструдера, що дозволяє поліпшити якість екструдкування, а роз роз'ємна конструкція корпусу екструдера забезпечить простоту в його обслуговуванні.

### **Література**

1 Екструзія. - Доступ з екрану:

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B7%D1%96%D1%8F>

2 Описание полезной модели к патенту RU 103446 U1, МПК А23 N17/00 (2006.01) Корпус екструдера. / В.В. Костин, О.И. Погорельская, В.И. Симоненко - Опубл. 20.04.2011.- бюл. № 11.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **103 446** (13) **U1**



(51) МПК  
A23N 17/00 (2006.01)



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 06.10.2020)  
Полщина: учтена за 7 год с 05.10.2016 по 04.10.2017

<p>(21)(22) Заявка: <u>2010140649/13</u>, 04.10.2010</p> <p>(24) Дата начала отсчета срока действия патента: <b>04.10.2010</b></p> <p>Приоритет(ы):</p> <p>(22) Дата подачи заявки: <b>04.10.2010</b></p> <p>(43) Опубликовано: <u>20.04.2011</u> Бюл. № 11</p> <p>Адрес для переписки: <b>610035, г.Киров, ул. Сурикова, 42, корп.1, кв.97, В.Г. Волжанину</b></p>	<p>(72) Автор(ы): <b>Костин Вячеслав Веннаминович (RU), Погорельская Ольга Ивановна (RU), Симоненко Валерий Иванович (RU)</b></p> <p>(73) Патентообладатель(я): <b>Костин Вячеслав Веннаминович (RU)</b></p>
---	--

(34) **КОРПУС ЭКСТРУДЕРА**

(57) Реферат:

Предлагаемая полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, а именно к шнековым экструдерам, предназначенным для применения в химической и других отраслях промышленности, для переработки различных веществ: торф, опил, кора, пищевые продукты, кормовые добавки, удобрения, смеси животных материалов с зерновыми материалами, смеси соломенной муки и зерна и т.д. и других подобных материалов.

Цель полезной модели - повышение надежности с одновременным улучшением качества экструдирования.

В корпусе экструдера установлены пластины 4 из закаленной стали. Это обеспечивает высокую износостойкость внутренней поверхности корпуса, а значит и повышается надежность его работы. Кроме этого, поверхность пластин 4, обращенная к продольной оси симметрии корпуса экструдера, выполнена с оребрением, благодаря которому обеспечивается дополнительное измельчение устойчивое продвижение к выходу экструдированного материала, что повышает качество и надежность экструдирования.

Предлагаемая полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, а именно к шнековым экструдерам, предназначенным для применения в химической и других отраслях промышленности, для переработки различных веществ: торф, опил, кора, пищевые продукты, кормовые добавки, удобрения, смеси животных материалов с зерновыми материалами, смеси соломенной муки и зерна и т.д. и других подобных материалов.

Известен корпус экструдера, выполненный в виде пустотелого цилиндра с отверстием для загрузки (см. Авторское свидетельство СССР №1136786, Кл. А23N 17/00, 1985).