

**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:

Устаткування для грануляції з модернізацією завантажувального пристрою

**Студент групи** IV к. ЛП-72  
(шифр групи)

Різник Дмитро Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Керівник проекту:**

\_\_\_\_\_  
Професор, кандидат технічних наук Сівецький В.О.

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

**Консультанти з питань**

**МОДЕРНІЗАЦІЇ** \_\_\_\_\_

проф. Щербина В.Ю.

**ТЕХ.МАШ.** \_\_\_\_\_

ст.викл. 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**

**Різнику Дмитру Олександровичу**

1. Тема проекту «Устаткування для грануляції з модернізацією завантажувального пристрою», керівник проекту Сівецький Володимир Іванович, проф. к.т.н., затверджені наказом по університету від «26.04» 2021 р. № 1071-с.
2. Термін подання студентом проекту 07.06.2021р.
3. Вихідні дані до проекту: Базовий агрегат екструдер діаметром  $D = 90$  , довжина гвинтової навивки  $30D$ , перероблюваний матеріал ПЕНТ, стренгова грануляціяголовка для грануляції на 18 отворів діаметром  $d = 6$  мм
4. Зміст пояснювальної записки Реферат. Перелік скорочень і умовних позначень. I. Пояснювальна записка: Вступ. 1. Призначення та галузь застосування устаткування для грануляції 2. Технічна характеристика машини ЧП 90х30 3. Опис черв'ячного преса, йогоосновних частин та принципу дії 4. Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації завантажувального пристрою 5. Техніка безпеки при роботі з черв'ячним пресом. 6.Очікуванні механіко-економічні показники II. Розрахунки. III. Технологія машинобудування. Перелік посилань. Додатки
5. Перелік графічного матеріалу: 1. Технологічна лінія переробки полімерів - формат А1. 2 Загальний вид екструдера – формат А1 3.Загальний вид головки – формат А1. 4. Плакат розрахунків – формат А1. 5 Загальний вид бункера з модернізацією – формат А1

## 6. Консультанти розділів проекту\*

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

Дата видачі завдання

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Літературно – патентний огляд	17.05.2021	
2.	Виконання параметричних розрахунків	18.05.2021	
3.	Виконання креслень загального виду	18.05.2021	
4.	Виконання креслення технологічної лінії	19.05.2021	
5.	Виконання розрахунків на міцність	20.05.2021	
6.	Виконання креслень модернізації	21.05.2021	
7.	Виконання розрахунків на ПЕОМ	22.05.2021	
8.	Виконання плакату результатів розрахунку	22.05.2021	
9.	Виконання розділу ТМ	25.05.2021	
10.	Виконання розділу ОП	27.05.2021	
11.	Загальні висновки по ДП	30.05.2021	

Студент

Д.О. Різник

Керівник проекту

В.І. Сівецький

## ПЕРЕЛІК ВКЛАДЕНЬ

Реферат з ключовими словами (укр. мова)

Реферат з ключовими словами (англійська мова)

Перелік позначень

I Пояснювальна записка до графічної частини /ПЗ/

II Розрахунки /РР/

III Технологія машинобудування /ТЕ/

Висновки

ДОДАТКИ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>			
Розроб.	Різник				<i>Устаткування для грануляції з модернізацією завантажувального пристрою</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Сівецький						4	
Реценз.						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
Н. Контр.								
Затверд.	Гондляр							

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

**Умовні позначення:**

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$Q$  – тепловий потік,  $\text{Вт}$ ;

$G$  – витрата,  $\text{м}^3/\text{с}$  (або  $\text{кг}/\text{с}$ );

$n$  – частота обертання,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$A$  – площа,  $\text{м}^2$ ;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$t$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$

$N$  – потужність,  $\text{Вт}$ ;

$D, d$  – діаметр,  $\text{м}$ ;

$H, h$  – висота,  $\text{м}$ ;

$T$  – температура,  $\text{К}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$n$  – частота обертання,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\delta$  – товщина,  $\text{м}$ ;

$m$  – маса,  $\text{кг}$ ;

$q$  – густина теплового потоку,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						3
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

**Пояснювальна записка**

**до дипломного проекту**

**на тему:**

**«Устаткування для грануляції з модернізацією  
завантажувального пристрою»**

**Київ – 2021 року**

## РЕФЕРАТ

Проект диплому вміщає: 72с., 18 рис., 2 табл., 2 додатків, 19 джерел

Об'єкт дослідження – екструдер ЧП 90х30.

Мета проектування – дослідження роботи екструдера, його основних характеристик, переваг та недоліків. Розробка модернізації досліджуваного екструдера, на основі аналізу літератури та патентного огляду, для усунення виявлених недоліків.

Розрахунки в даній роботі проведені по вже існуючих методах з використанням ПЗ, та числових методик.

Для дослідження арактеристик базової машини було взято за основу в більшій мірі наукова література, розрахунки технічних характеристик, загальнодоступні креслення. В результаті роботи:

- Розглянуто принцип та галузь застосування базової машини;
- Виконані розрахунки базової машини, виконане креслення базового вигляду машини ЧП 90х30.
- В результаті дослідження роботи екструдера було виявлено недоліки такі як різка заміна тиску на вході в головку, що значною мірою впливає на якість виробленого продукту.
- Після проведення літературного та патентного огляду прийняте рішення модернізувати завантажувальний бункер машини, а саме встановлення бункера з можливістю повздовнього руху вздовж повздовжньої осі черв'яка.
- В результаті вдосконалення було досягнуто стабільного тиску на вході у формуючу головку екструдера, що значно покращить якість вироблюваного продукту.
- По темі даного дипломного проектування було опубліковано тезу на кафедральній конференції.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** БУНКЕР, ЕКСТРУДЕР, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ПРЕС, ГРАНУЛЯЦІЯ, ПОЛІМЕРИ.

## **ABSTRACT**

The draft diploma contains: 72 pages, 18 figures, 2 table, 2 appendices, 19 sources

The object of study - extruder SE 90x30.

The purpose of design is to study the operation of the extruder, its main characteristics, advantages and disadvantages. Development of modernization of the investigated extruder, based on literature analysis and patent review, to eliminate the identified shortcomings.

Calculations in this work are performed by existing methods using software and numerical methods.

To study the characteristics of the basic machine was taken as a basis to a greater extent the scientific literature, calculations of technical characteristics, publicly available drawings. As a result of work:

- The principle and scope of the basic machine are considered;
- Calculations of the basic car are executed, the drawing of a basic look of the state of emergency 90x30 is executed.
- The study of the extruder revealed shortcomings such as a sharp change in pressure at the inlet to the head, which significantly affects the quality of the product.
- After a literature and patent review, it was decided to modernize the loading hopper of the machine, namely the installation of a hopper with the possibility of longitudinal movement along the longitudinal axis of the worm.
- As a result of the improvement, a stable pressure was achieved at the inlet to the forming head of the extruder, which will significantly improve the quality of the product.
- On the topic of this thesis design was published a thesis at the cathedral conference.

**KEY WORDS:** BUNKER, EXTRUDER, SCREW EXTRUDER, GRANULATION, POLYMERS.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1.1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦІЇ.....	3
1.2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИНИ ЧП90Х30.....	6
1.3 ОПИС ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРЕСА, ЙОГО ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	7
1.4. ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ.....	9
1.4.1 Літературно-патентний огляд варіантів модернізації екструдера.....	9
1.4.2 Обґрунтування вибору варіанту модернізації екструдера.....	13
1.5. Техніка безпеки при роботі з черв'ячним пресом .....	15
1.5.1 Вимоги безпеки перед початком роботи.....	15
1.5.2 Вимоги безпеки під час роботи.....	16
1.6. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.....	17
ВИСНОВКИ.....	18
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	22

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Устаткування для грануляції з модернізацією завантажувального пристрою</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Різник						4	
Перевір.	Сівецький					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.	Гондлях							

## ВСТУП

Екструзія полімерів - це технологічний процес безперервного формування продуктів шляхом механічного продавлювання нагрітого полімерного матеріалу через формуючу головку з отвором, що відповідає профілю готового виробу.

Екструдером полімерів називають обладнання для виробництва виробів шляхом екструзії полімерної сировини. Найпоширенішими типами конструкцій екструзійних машин являється екструдери поршневого і шнекового (черв'ячного) типу.

Корпус екструдера можна умовно поділити на 3 зони. Та область, де полімер завантажується і ще не розплавлений, називається завантажувальною зоною. А коли він нагрівається, починається зона плавлення. Третя зона - це зона формування, коли розплавлений полімер видавлюється через формуючу головку і приймає потрібну форму.

Основний фактор, який визначає компоновку вузлів черв'ячних пресів – це зручність обслуговування при експлуатації. Під час роботи з екструдерами оператор зазвичай має справу з бункером (періодичне завантаження матеріалу, якщо операція не автоматизована, контроль кількості матеріалу та перевірка неперервності подачі в загрузочне вікно циліндру) і з головкою.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5



Екструзійні машини використовують в різних технологічних процесах: екструзія плівок, профілів, труб, листів, накладання оболонки та ізоляції на кабелі і дроти, для грануляції і змішування матеріалів.

Саме те, що черв'ячні машини являються машинами безперервної дії пояснює їх широке впровадження, до того ж з ними легко механізувати і автоматизувати процеси виробництва.

Сьогодні одним із основних завдань машинобудування являється забезпечення виробництва та випуску машин для переробки полімерних відходів у гранули.

Технологічна лінія з переробки полімерів включає в себе конвеєр для подачі матеріалу – 1, дробарку – 2, повітряний класифікатор – 3, сепаратор магнітний – 4, промивач – 5, конвеєр – 6, сушарку відцентрову – 7, млин – 8, екструдер – 9, ванну охолодження – 10, гранулятор – 11, гранулюючу головку – 12. Технологічна схема лінії зображена на рис. 1.

По конвеєру 1 до дробарки 2 подається тара з відходами. Промиті та подрібнені відходи направляють до класифікатору 3 за допомогою пневматичного транспорту. У повітряному класифікаторі 3 відділяється приблизно 3% важких відходів. Потім відходи ще раз подрібнюють в дробарці другого ступеня і для видалення залишкових металів продувають через магнітний сепаратор 4. Подрібнені відходи промивають детергентами та водою і сушать у відцентровій сушарці 7. Після чого сухі відходи перемішують в млині 8 щоб запобігти грудкуванню, і завантажують у екструдер 9, в якому матеріал розплавляється і продавлюється через головку 12. Після охолодження у ванні з водою матеріал потрапляє в гранулятор 11.

					<i>ЛП72.121246.01-70ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7



## 1.2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИНИ ЧП 90Х30

Технічні характеристики машини ЧП 90Х30 представлені у таблиці 1.2.1

Табл. 1.2.1 Технічні характеристики машини ЧП 90Х30

№	Технічні характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
1	Продуктивність	м3/в	178,21
2	Частота обертання шнека	об/хв	окт.80
3	Діаметр гвинта	мм	90
4	Крок гвинта	мм	90
5	Потужність електродвигуна	кВт	65
6	Частота обертання електродвигуна	об/хв	1500
7	Напруга електродвигуна	В	380
8	Загальна довжина черв'яка	мм	2700
9	Довжина зони завантаження	мм	575
10	Маса	кг	1500 кг
11	Висота	мм	1900
12	Ширина	мм	1560

### 1.3 ОПИС ЧЕРВ'ЯЧНОГО ПРЕСА, ЙОГО ОСНОВНИХ ЧАСТИ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ

Апарат для грануляції складається з гільзи 4, яка знаходиться в корпусі 5, всередині гільзи знаходиться черв'як 3, який обертається завдяки електродвигуну. Після подачі матеріалу в бункер 1 він транспортується по каналу гільзи в якому плавиться нагрівниками 7, кожух 6 забезпечує термоізоляцію. Далі матеріал продавлюється через гранулюючу головку 8, закріплену фланцем 9 до корпусу.

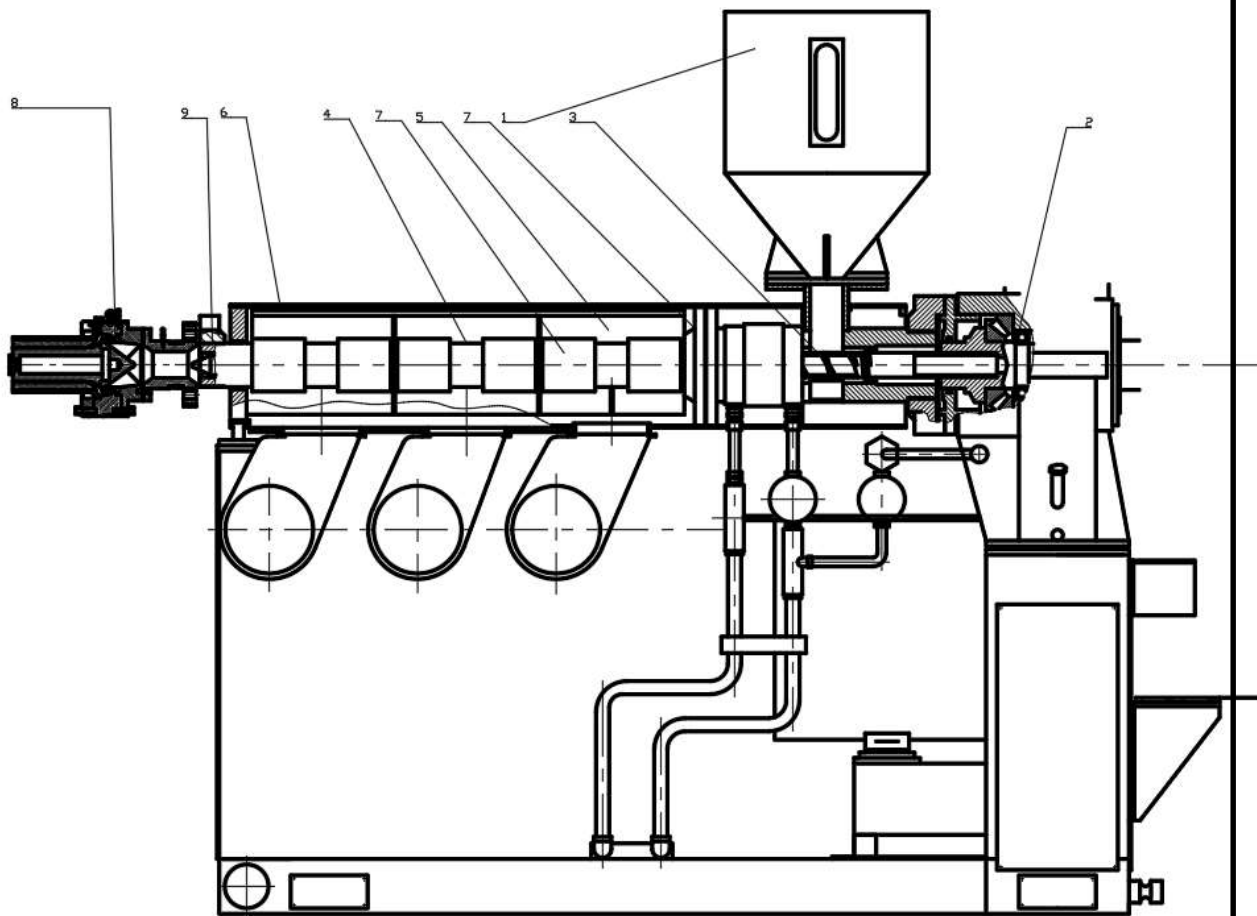


Рис. 1.2 – Апарат для грануляції

1 – бункер , 2 – опірний підшипник, 3 – черв'як, 4 – гільза, 5 – корпус, 6 – кожух, 7 – нагрівники, 8 – головка гранулююча, 9 – фланець.

Товстостінна труба з двома фланцями та твердопальною наплавкою всередині циліндру являється корпусом агрегату 1. На зовнішній поверні циліндру є 5 температурних зон.

					ЛП72.12.1246.001-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

В цих зонах розташовані по 3 індукційні електронагрівники, термоелектричний перетворювач, який подає сигнал в терморегулюючий комплектний пристрій. В перші чотирьох зонах знаходяться охолоджуючі вентилятори, але в перехідній до головки п'ятій зоні їх не передбачено. На зовнішній поверхні завантажувальної частини циліндру є канали за допомогою яких завантажувальна воронка 5 охолоджується водою, витрата якої регулюється вентилем вручну. На тихохідному вару редуктора, задля сприйняття навантажень (осьових), вмонтований підшипник упорний 2. Змащування редуктора відбувається від насоса. Масло охолоджується водою за допомогою теплообмінника, встановленого в картері редуктора. Також в системі змащування вмонтовано реле тиску, яке відключає електродвигун приводу черв'яка, якщо тиск масла в системі впаде нижче 0,05 Мпа.

Отже агрегати для гранулювання невибагливі до технічного процесу виготовлення гранул, але в разі забиття каналів можливі великі простой виробництва.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

## 1.4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

### 1.4.1 Літературно-патентний огляд варіантів модернізації екструдера

Щоб уникнути недоліків, я провів літературно-патентний пошук схожих технічних рішень.

В патенті SU 1087427 був розглянутий гвинтовий живильник для поганосипучих матеріалів, який відрізняється від інших гвинтових живильників тим, що з ціллю підвищення продуктивності та надійності, він обладнаний додатковим еластичним елементом, виконаним у вигляді герметичної оболонки з автономним вентилям, зв'язаним з порожнистим валом і закріпленим на робочій поверхні суцільної лопаті хвinta.

Кінці додаткового еластичного елемента жорстко закріплені на порожнистому валу.

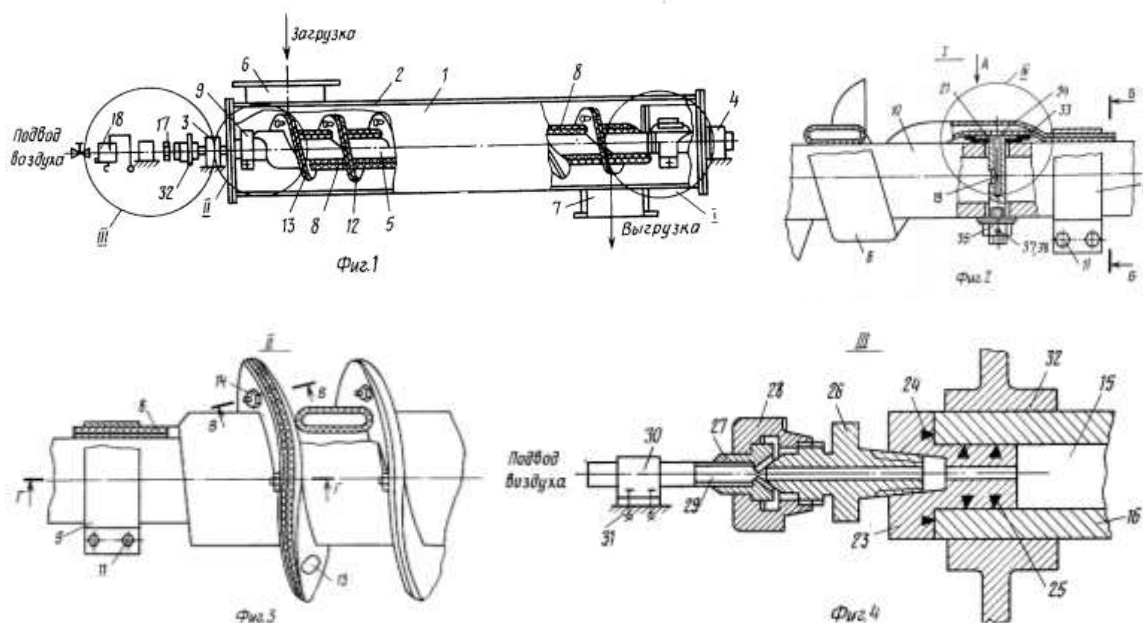


Рис. 1.3 – Гвинтовий живильник з додатковим еластичним елементом

Винахід дозволяє підвищити продуктивність та надійність роботи живильника, також регулювати продуктивність, виключити налипання матеріалу на лопаті гвинта, що забезпечує стабільну підтримку заданої продуктивності в процесі роботи.





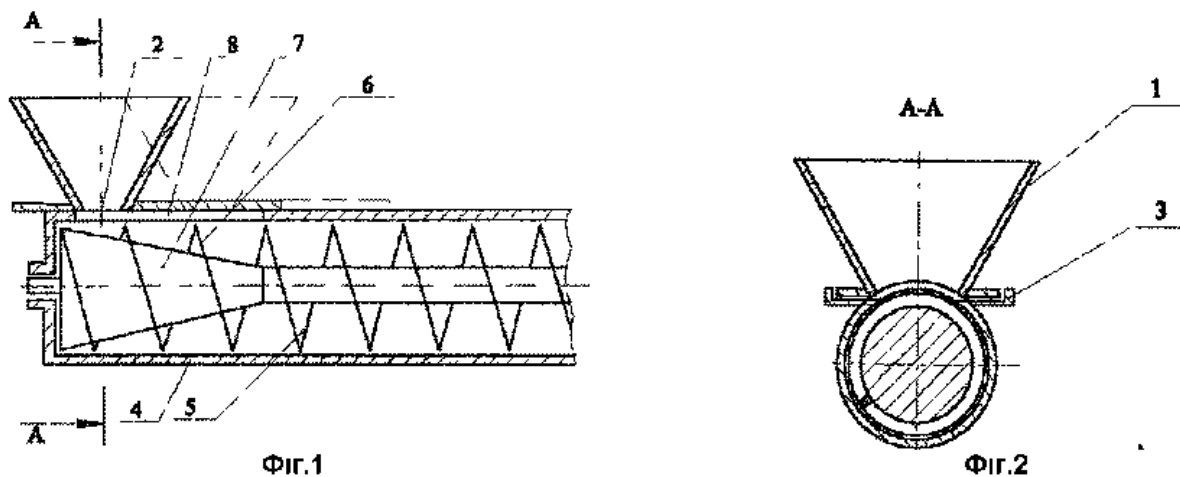


Рис. 1.6 – Гвинтовий живильник-дозатор з рухомим завантажувальним бункером

За рахунок регулювання розташування завантажувального бункера 1 з вихідним отвором 2 відносно робочої ділянки 6 шнека 5 шляхом його поступального переміщення по направляючих 3 вздовж поздовжньої осі живильника-дозатора, що забезпечує зміну величини вільного об'єму міжвиткового простору, що знаходиться під вихідним отвором 2 завантажувального бункера 1, досягається плавне регулювання величини об'єму захоплення вантажу, який поступає із завантажувального бункера 1 через вихідний отвір 2 і завантажувальний отвір 8 у вільний міжвитковий простір змінного об'єму робочої ділянки 6 шнека 5 з послідуочим живленням і дозуванням

## 1.4.2 Обґрунтування вибору варіанту модернізації екструдера

Після проведення огляду літератури та патентів було розглянуто патенти, які призначені для модернізації та покращення регулювання продуктивності та роботи екструдера.

Найдоцільнішою конструкцією для модернізації було обрано конструкцію згідно патенту UA 53988, в якому завантажувальний бункер встановлений на направляючих з можливістю переміщення бункера вздовж осі гвинта.

Винахід відноситься до підйомно-транспортного машинобудування і може бути використаний в різних галузях народного господарства для живлення та дозування насипних вантажів.

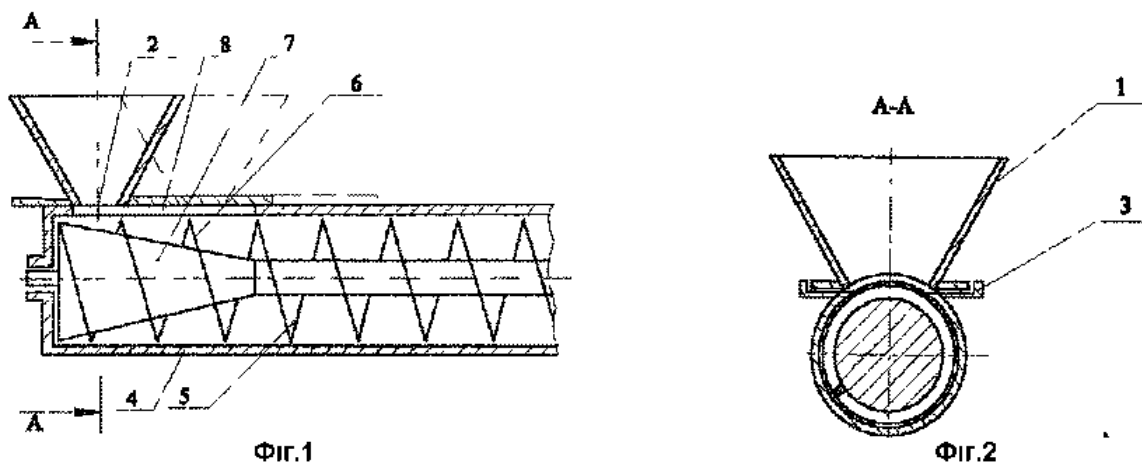


Рис. 1.7 – Гвинтовий живильник-дозатор з рухомим завантажувальним бункером

В основу винаходу закладена задача вдосконалення конструкції та розширення функціональних можливостей шнекового живильника-дозатора, шляхом виконання гвинтового живильника-дозатора, який складається з завантажувального бункера з вихідним отвором, розміщеного в кожусі шнека, робоча ділянка якого, що розташована під вихідним отвором завантажувального бункера, виконана зі змінним січенням вільного об'єму між шнеком і кожухом вздовж напрямку подачі вантажу, а також рухомої заслінки з фігурним прорізом, встановленої між завантажувальним бункером і робочою ділянкою шнека, причому завантажувальний бункер встановлений з можливістю поступального

переміщення відносно кожуха над робочою ділянкою шнека, вздовж повздовжньої осі живильника-дозатора з допомогою направляючих елементів, між завантажувальним бункером і робочою ділянкою шнека в кожусі виконаний суцільний проріз у вигляді завантажувального отвору, довжина якого відповідає довжині робочої ділянки шнека, а ширина співрозмірна з шириною вихідного отвору завантажувального бункера, довжина направляючих елементів, розташованих вздовж завантажувального

отвору, більша за довжину даного отвору.

За рахунок виконання даної модернізації завантажувального пристрою полегшується регулювання продуктивності агрегату, покращуються завантаження поганосипучих матеріалів.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

## 1.5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ЧЕРВ'ЯЧНИМ ПРЕСОМ

### 1.5.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Працівник, обслуговуючий черв'ячні преси, повинен бути одягнений у спецодяг, без звисаючих кінців, адже вони можуть потрапити до обертових частин машини. Брюки та рукави уніформи повинні бути застебнуті, зачіска має знаходитись під головним убором.

Поверх уніформи забороняється одягати поясні ремені, працювати в хустках і халатах.

Працівник зобов'язаний стежити за станом свого спецодягу. Якщо спецодяг забруднився, то його потрібно своєчасно віддати на прання, якщо ж він прийшов в непитатність – негайного його замінити.

Перед початком робочої зміни працівник зобов'язаний дізнатися результати роботи попередньої зміни та з'ясувати наявність чи відсутність неполадок в роботі екструдера. Також необхідно перевірити освітленість робочого місця і його санітарний стан. Обов'язково оглянути зовні екструдер та усунути помічені неполадки, а в разі неможливості їх усунення повідомити старшого зміни. Перевірка обладнання на герметичність, повітроводів та справність роботи всіх частин агрегату обов'язкова. Також всі необхідні інструменти та інвентар повинен бути в наявності. Перевірка справності портативних світильників, їх герметичність та надійність. Зовнішньо встановити справність заземлення електродигунів, обладнання.

У черв'ячних пресах повинні встановлюватися датчики тиску, що відключають машину в разі потенційно-високого підвищення тиску в системі, для запобігання виникнення небезпечних умов роботи.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

## 1.5.2 Вимоги безпеки під час роботи

Працівник, обслуговуючий черв'ячні преси, зобов'язаний стежити за технічною справністю устаткування: гвинт машини повинен відповідати робочим характеристикам.

Оглядові люки повинні бути щільно зачиненні, для запобігання пилоутворення.

Температура корпусу підшипників не повинна перевищувати 60 ° С, за цим необхідно слідкувати і підтримувати постійну температуру системи.

Необхідно змащувати підшипники і всі деталі, які піддаються тертю через спеціальні отвори ззовні.

Під час роботи екструдера абороняється проводити будь-які ремонтні маніпуляції з агрегатом, це необхідно здійснювати виключно з вимкненим устаткуванням.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 1.6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

В даній бакалаврській роботі на тему «Устаткування для грануляції з модернізацією завантажувального пристрою» метою було модернізувати завантажувальну частину машини, а саме бункер.

З метою усунення нерівномірного розподілу тиску на вході в головку, що погіршує якість продукції і роботу машини, виконано літературний та патентний пошук. Запропоноване технічне рішення на основі прототипу у патенті UA 53988, в якому завантажувальний бункер встановлений на направляючих з можливістю переміщення бункера вздовж осі гвинта, це дозволяє плавно регулювати продуктивність машини та покращує завантаження поганосипучих матеріалів.

В даному дипломному проекті розроблена конструкція завантажувального бункера з можливістю рухатися вздовж повздовжньої осі шнеку. Розрахована рекомендовані технічні характеристики бункера.

Як результату запропонованої модернізації завантажувального бункера устаткування для грануляції були отримані наступні механіко-економічні показники: завдяки автоматичному регулюванню тиску на вході в головку було досягнуто максимально стабільну роботу машини та високу якість вихідного продукту, зменшилося скупчення матеріалу в зоні основної ділянки гвинта, що підвищує надійність та договічність експлуатації даного агрегату, а також завдяки зменшенню ваги бункера було досягнуто мінімального тертя та зусилля для руху даного завантажувального пристрою.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

## ВИСНОВКИ

Виконаний дипломний бакалаврський проект на тему «устаткування для грануляції з модернізацією завантажувального пристрою».

У пояснювальній записці описано технологічну лінію переробки полімерів, основним елементом якої є екструдер ЧП 90х30.

Виконано опис і принцип роботи машини з її технічними характеристиками.

Проведений літературно-патентний огляд з описом чотирьох патентів. Обрано найефективніший прототип для модернізації завантажувального пристрою екструдера, згідно з якою завантажувальний бункер машини встановлюється з можливістю руху вздовж повздовжньої осі гвинта. В порівнянні з базовою машиною, в наслідок модернізації покращилася якість вихідного продукту і сталість роботи машини, та підвищення її довговічності.

Також в пояснювальній записці дипломного бакалаврського проектування описані очікувані механіко-економічні показники, за рахунок встановлення рухомого бункера та мінімалізації його ваги забезпечено підвищення якості грануляту, уникнення скупчення матеріалу в зоні завантаження.

Виконаний розділ з охорони праці, в якому розглянуто вимоги безпеки перед початком роботи та вимоги безпеки під час роботи з екструдером.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук, Р. В. Сабарно, А.Г. Степанов. Справочник по охране труда на промышленных предприятиях — К.: Техніка, 1991.

2. Кошарський Б.Д. Автоматичні прилади, регулятори і обчислювальні системи. — М.: Машиностроение, 1967

3. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту по розділу „Автоматизація промислових процесів” для студентів факультету хімічного машинобудування. Укл. Булгаков Б.Б., Семикіна А.Ф.—К.: КПІ, 1987

4. Основы охорони праці. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, Т.Б. Мельников. —Львів: Афіша, 1999.

5. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач. — М.: Машиностроение, 1972.—268 с.

6. Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических мас. Ю.Е. Лукач, Д.Д. Рябинин. — М.: Машиностроение, 1967.—364 с.

7. Опис винаходу до патенту. Живильник гвинтовий SU 1087427.

8. Опис винаходу до патенту. Живильник гвинтовий SU 1148822.

9. Опис винаходу до патенту. Живильник гвинтовий SU 1467003.

10.Опис винаходу до патенту. Живильник гвинтовий UA 53988.

11. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. — Л.: Машиностроение, 1975. - 656 с.

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

13. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей. Укл. А.Е. Розенплентер, Т.В. Панішева—К.: КПІ.-28с.

14. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Под общ. ред. М. Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 301 с., ил.

15. Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических мас. Ю.Е. Лукач, Д.Д. Рябинин. — М.: Машиностроение, 1967.—364 с.

16. Л.Б. Радченко Переробка термопластів методом екструзії. — К.: Київ, 1999.-219с.

					<i>ЛП72.12.1246.001-70ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Розрахунки**  
**до дипломного проекту**  
**на тему:**  
**«Устаткування для грануляції з модернізацією**  
**завантажувального пристрою»**

**Київ – 2021 року**

## ЗМІСТ

1	Параметричні розрахунки базової машини.....	2
2	Розрахунок геометрії шнеку.....	2
3	Розрахунок продуктивності екструдера ЧП-90.....	4
4	Розрахунок потужності приводу екструдера ЧП-90.....	6
5	Розрахунки на міцність.....	8
5.1	Розрахунок черв`яка на стиск.....	8
5.2	Розрахунок черв`яка на кручення.....	12
5.3	Розрахунок черв`яка на жорсткість.....	13
5.4	Розрахунок черв`яка на витривалість.....	14
5.5	Розрахунок шліцьового з'єднання.....	15
5.6	Розрахунок міцності болтів.....	16
5.7	Розрахунок матеріального циліндра напруг від дії тиску....	18
5.8	Розрахунок температурних напруг.....	19
6	Результати розрахунку на міцність в системі ANSYS гвинта живильника гвинтового.....	23

					<b>ЛП72.12.1246.002-70PP</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Устаткування для грануляції з модернізацією завантажувального пристрою</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Різник						2	
Перевір.	Сівецький							
Реценз.						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
Н. Контр.								
Затверд.	Гондляр							

## 1. Параметричні розрахунки базової машини

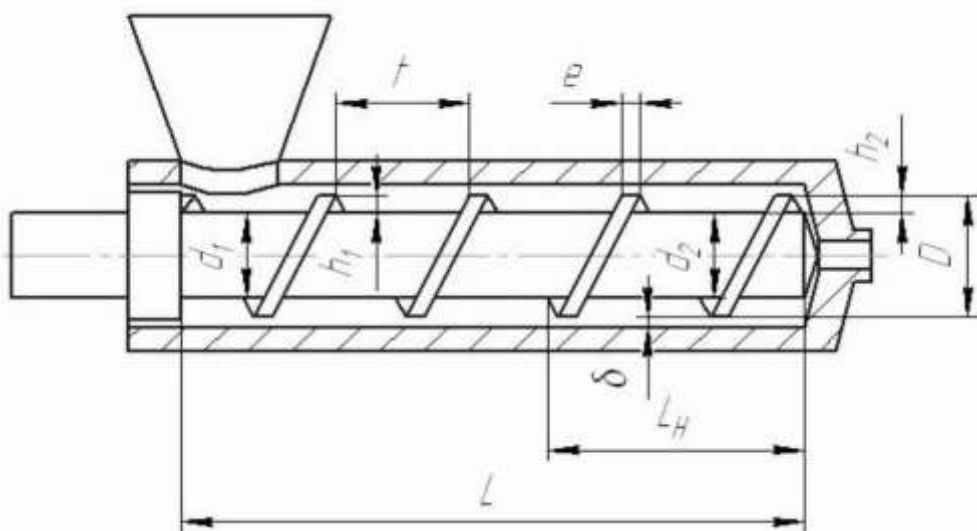


Рис.5.1 – Схема преса черв'ячного

Початкові дані:  $D=90$  мм – діаметр черв'яка,  $L=30D$  – загальна довжина черв'яка,  $t=90$  мм – крок нарізки черв'яка, матеріал що перероблюється – ПЕНТ

## 2 Розрахунок геометрії шнеку

Проводимо розрахунок геометрії черв'яка:

Загальна довжина черв'яка:

$$l_p = D \cdot (l_p/D) = 90 \cdot 30 = 2700 \text{ мм.}$$

1. Довжина зони завантаження  $l_3$ :

$$l_3 = 0,25/0,35 \cdot l_p = 0,25 \cdot 2700 = 575 \text{ мм.}$$

2. Довжина зони пластикації  $l_n$ :

$$l_n = l_p - l_d - l_3 = 2700 - 1300 - 575 = 625 \text{ мм.}$$

3. Довжина зони дозування:

$$l_d = 0,4/0,6 l_p = 0,48 \cdot 2700 = 900 \text{ мм.}$$

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

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

5. Ширина витка  $e$ :

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП72.12.1246.002-70PP

Арк.

2

$$e = 0.08 \div 0.12 D = 0.08 \cdot 90 = 7,2 \text{ мм.}$$

6. Глибина нарізки в зоні завантаження  $h_1$

$$h_1 = 0.1 \div 0.14 D = 0,1 \cdot 90 = 9 \text{ мм.}$$

7. Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження  $d_1$

$$d_1 = D - 2 h_1 = 90 - 2 \cdot 9 = 72 \text{ мм.}$$

8. Глибина нарізки в зоні дозування  $h_2$ :

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0,5 \cdot \left[ 90 - \sqrt{90^2 - \frac{4 \cdot 9}{2,5} (90 - 9)} \right] =$$

3 мм

де  $i$  – коефіцієнт стиснення, звичайно рівний 2 - 3 для різних матеріалів. приймаємо  $i=2,5$ .

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

$$d_2 = D - 2 h_2 = 90 - 2 \cdot 3 = 84 \text{ мм.}$$

10. Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу  $\delta$

$$0.1 \text{ мм} < \delta < 0.3 \text{ мм}$$

$$\delta = 0.002 \div 0.003 D = 0,0025 \cdot 90 = 0,225 \text{ мм.}$$

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

### 3 Розрахунок продуктивності екструдера ЧП-90

Продуктивність екструзійної машини  $Q$  прийнято визначати в технічних одиницях виміру  $[Q] = \frac{\text{см}}{\text{хв}}$ .

Вихідні дані:

- Кількість заходів черв'яка  $\lambda = 1$ ;
- Число обертів черв'яка  $n = 1,25\text{с}^{-1} = 75 \text{ об/хв}$ .
- Зазор між гребнем черв'яка і циліндром  $\delta = 0,0015 \text{ м}$ ;
- Коефіцієнт форми для формуючого інструменту (голівки)  
 $K = 0,28 \times 10^{-3} \text{ см}^3$ .

Попередньо отримані дані:

$$D = 0,90\text{см}; L_H = 84 \text{ см}; t = 0,721 \text{ м}; e = 0,56 \text{ см}; h_2 = 0,0054\text{м}.$$

Визначальний і обмежувальний вплив на продуктивність машини має дозуюча зона черв'яка, у якій матеріал перебуває в стані розплаву. Тому розрахунок продуктивності екструзійної машини виконується по зоні дозування.

$$Q = \frac{\alpha K n}{K + \beta + \gamma},$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт прямого потоку розплаву;  $\beta$  – коефіцієнт зворотного потоку розплаву;  $\gamma$  – коефіцієнт потоку витоків розплаву в зазорі між черв'яком і циліндром корпусу;  $K$  – коефіцієнт форми для формуючого інструменту (голівки).

Знаходимо коефіцієнти, які входять в цю формулу.

Коефіцієнт прямого потоку розплаву:

$$\alpha = \frac{\pi(t - \lambda e)C}{A + t^2 B}.$$

де  $A, B, C$  – константи форми шнеку.

Для черв'яка з постійною глибиною каналу у зоні дозування ці константи розраховуються за залежностями:

$$A = \frac{\pi}{h_2^2} \left( \frac{D}{h_2} - 1 \right); B = \frac{h_2 + D}{D^2 h_2^3}; C = 1 + \frac{D^2}{2h_2^2}.$$

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Числові значення (вихідні дані підставлено в сантиметрах):

$$A = \frac{\pi}{0,54^2} \left( \frac{0,90}{0,64} - 1 \right) = 0,0085 \text{ м}^{-2}; B = \frac{0,54+0,90}{0,70^2 \times 0,54^3} = 1,116 \text{ см}^{-4}; C = 1 + \frac{0,90^2}{2 \times 0,54^2} = 1,983 \text{ м.}$$

Тоді коефіцієнт прямого потоку розплаву матиме наступне значення:

$$\alpha = \frac{\pi(t-\lambda e)C}{A+t^2B} = \frac{\pi(72,1-1 \times 0,56) \times 198,3}{85+72,1^2 \times 0,116} = 0,0063356 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт зворотного потоку розплаву:

$$\beta = \frac{\pi \times t \times (t - \lambda \times e)}{12 \times L_H \times (A + t^2 B)},$$

$$\beta = \frac{\pi \times 72,1 \times (72,1 - 2 \times 0,56)}{12 \times 84 \times (85 + 72,1^2 \times 0,116)} = 2 \times 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Коефіцієнт потоку витoku розплаву в зазорі між черв'яком і циліндром корпуса машини визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{\pi \times D \times \delta^3 \times t^2}{10 \times e \times L_H \times \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}},$$

$$\gamma = \frac{\pi \times 0,90 \times 0,15^3 \times 72,1^2}{10 \times 0,56 \times 84 \times \sqrt{\pi^2 0,90^2 + 72,1^2}} = 0,24 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

Визначаємо продуктивність екструдера у технічних одиницях виміру:

$$Q = \frac{\alpha K n}{K + \beta + \gamma} = \frac{63,356 \times 0,28 \times 10^{-3} \times 75}{0,28 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3} + 0,24 \times 10^{-6}} = 178,21 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}}$$

Продуктивність екструдера у одиницях виміру Сі:

$$Q = 178,21 \times 1,7 \times 10^{-8} = 2,764 \times 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Таким чином, продуктивність екструдера визначена.

#### 4 Розрахунок потужності приводу екструдера ЧП-90

Метою даного розрахунку є визначення потужності, що витрачається на переробку поліетилену.

У формули для розрахунку потужності підставляємо розміри в мм,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  в мм<sup>3</sup>, перепад тиску в МПа, число обертів - за хвилину.

1. Споживана в гвинтовому каналі потужність:

$$I = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{3,14^2 \cdot 90^2 - 4 \cdot 90^2}{3,14^2} + \frac{3,14^2 \cdot 90^5}{90^2 + 3,14^2 \cdot 90^2} = 666686 \text{ мм}^2$$

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



## 5. Розрахунки на міцність

### 5.1 Розрахунок черв'яка на стиск

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори:

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

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на мал. 4.1.

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{9550 * N}{n} = \frac{9550 * 400}{150} = 25,4 * 10^3 \text{ кВт} * \text{хв/об}$$

де  $N=400$  – потужність, яка споживається черв'яком, кВт;

$n=150$  - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2 * M_{кр}}{D} = \frac{2 * 25,09 * 10^3}{0,063} = 53,1 \text{ кН.}$$

$$P_{oc} = \frac{2 * M_{кр}}{D} = \frac{2 * 25,4 * 10^3}{0,125} = 406,4 \text{ кН}$$

де  $D=0,125$  - зовнішній діаметр черв'яка, м;

$\varphi=18,19^\circ$  - кут підйому нарізки.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 * G}{l_p} = \frac{9,81 * 295,5}{3,125} = 927,6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

де  $G$ - маса черв'яка, кг;

$l_p=3,125$  - довжина робочої частини, м.

$$G = \frac{\pi * D^2}{4} * \rho * l_p = \frac{3,14 * 0,125^2 * 7710 * 3,125}{4} = 295,5 \text{ кг.}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{2} * q * l_p^2 = \frac{1}{2} * 927,6 * 3,125^2 = 4529,3 \text{ Н} * \text{м.}$$

$W_x$ - осьовий момент опору:

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,115^3 (1 - 0,86^4)}{32} = 6,76 \cdot 10^{-5} \text{ H} \cdot \text{ м.}$$

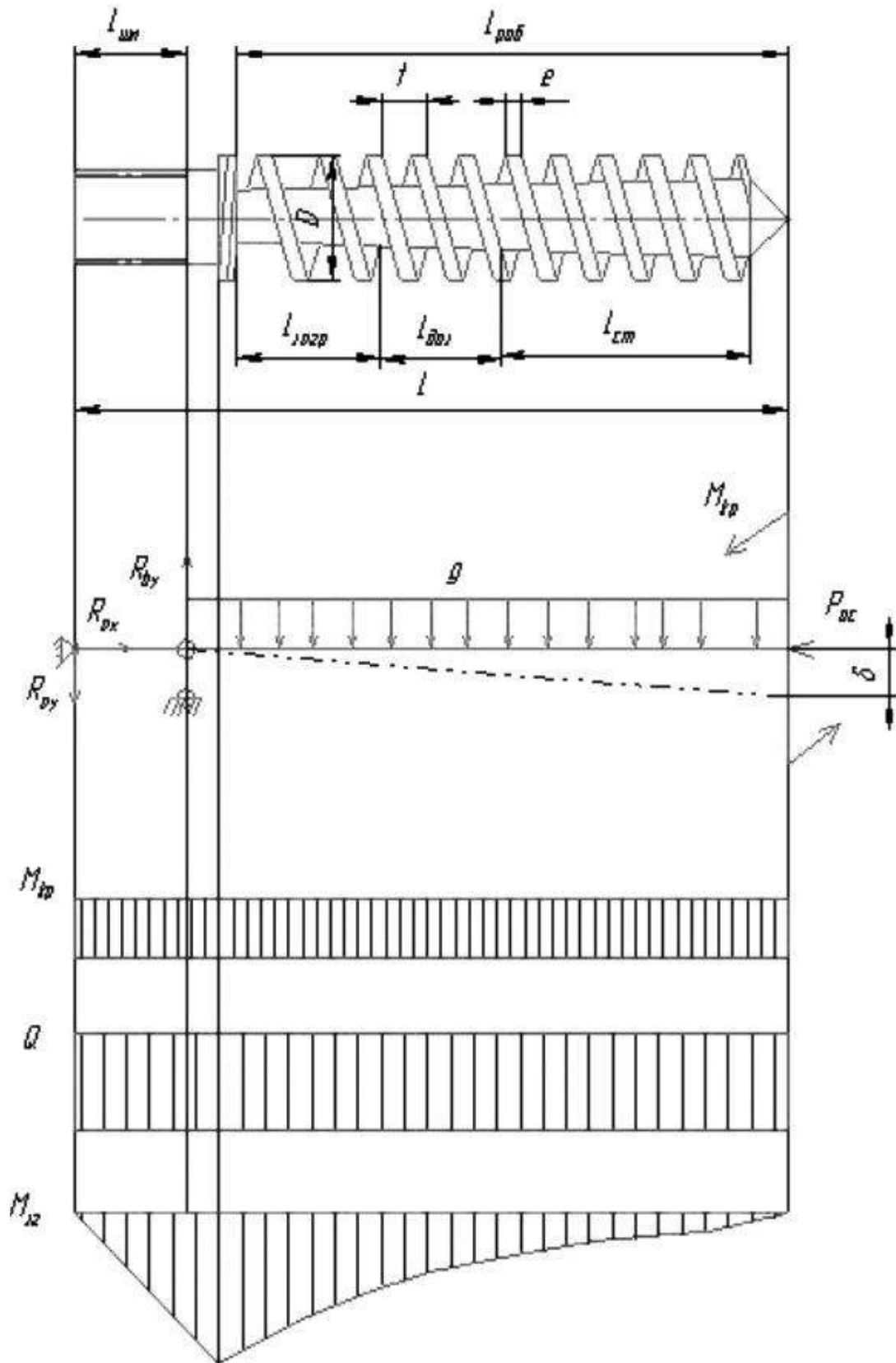


Рис. 5.1 – Розраункова схема шнека та епюри напружень

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП72.12.1246.002-70PP

Арк.

8

Стискне напруження:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{28200}{1 * 10^{-3}} + \frac{174,81}{5,81 * 10^{-5}} = 31 \text{ МПа.}$$

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

$$F = \frac{\pi * d_1^2 (1 - \alpha^2)}{4} = \frac{3,14 * 0,084^2 (1 - 0,9^2)}{4} = 1 * 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\alpha = \frac{d_o}{d_1} = \frac{0,076}{0,084} = 0,9$$

$d_o$ -діаметр осердя в зоні завантаження;

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{12,7 * 10^3}{4 * 10^{-5}} = 317,5 \text{ МПа.}$$

де  $W_p$ - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi * d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 * 0,084^3 (1 - 0,9^4)}{16} = 4 * 10^{-5} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{ст}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 * \tau^2} = \sqrt{31^2 + 4 * 317,5^2} = 423 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

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

Матеріал червяка сталь 38Х2МЮА для якої  $\sigma_t = 880$  МПа.

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,6...2,5 [ ]

$$n = \frac{720}{423} = 1,7$$

∈ [1,6;2,5]

Умова міцності черв'яка виконується.

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## 5.2 Розрахунок черв'яка на кручення

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$N_t = \frac{\tau_1}{\tau_\rho \left( \frac{k_\tau}{\beta * \varepsilon_\tau} + \zeta_\tau \right)} = \frac{380 * 10^6}{143,7 * 10^6 \left( \frac{1,9}{0,9 * 0,59} + 0,05 \right)} = 0,72$$

де  $\tau_1 = 380 \cdot 10^6$  – межа втоми при крученні для сталі 40Х, Па;

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

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

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

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

Розрахункове напруження кручення

$$\tau_\rho = \frac{M_{кр}}{2 * W_{ro}} = \frac{12,7 * 10^3}{2 * 4,42 * 10^{-5}} = 143,7 \text{ МПа.}$$

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

$$W_{ro} = 2 * \frac{I}{R} = 2 * \frac{9,278 * 10^{-7}}{0,042} = 4,42 * 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$I = 9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$  – полярний момент інерції перетину черв'яка;

$R = 0,0575$  – радіус сердечника черв'яка.

Підставивши всі значення в формулу, отримуємо запас міцності 2,16, що задовольняє умови.

## 5.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість

Важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим конструкційного зазору .

Вихідні дані : Матеріал черв'яка сталь 40Х , діаметр черв'яка  $d = 90 \text{ мм}$ , зазор між корпусом і черв'яком  $\delta = 0,275 \text{ мм}$ , Е-модуль пружності ,  $E = 2 * 10^5 \text{ Мпа}$ ;  $I = 9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$  – полярний момент інерції перетину черв'яка;  $P_{oc} = 406,4 \text{ кН}$ .

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Максимальний прогин дорівнює :

$$\delta = \frac{1}{IE} \left[ \frac{q}{k^2} \left( \frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left( \frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cdot \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left( \frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \cdot \sin(k l_p) \right];$$

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{E \cdot I}} = \sqrt{\frac{254600}{2 \cdot 10^{11} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5}}} = 0,3$$

$$A = \frac{q \left( l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right)}{k \cdot \cos(k l_p)} = \frac{274 \left( 3,585 - \frac{1}{0,3} \sin(3,585 \cdot 0,3) \right)}{0,3 \cdot \cos(0,3 \cdot 3,585)} = 3249$$

Максимальний прогин :

$$\delta_{max} = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5}} \left[ \frac{274}{0,3^2} \left( \frac{1}{0,3^2} + \frac{3,585}{2} \right) - \frac{1}{0,3} \left( \frac{274}{0,3^2} + 3249 \cdot 3,585 \right) - \frac{1}{0,3^2} \left( \frac{274 \cdot 3,585}{0,3} - 3249 \right) \sin(0,3 \cdot 3,585) \right] = 0,00167 \text{ мм.}$$

$\delta > \delta_k$  тобто прогин в межах допустимого .

#### 5.4 Розрахунок черв'яка на витривалість

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

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma})_d \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_{\delta}} = \frac{340}{1,4 \cdot 0,3} = 805$$

де  $n_{\sigma}$  – коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження;  $\sigma_{-1}$  – допустиме напруження під час циклічного навантаження (беруть  $\sigma_{-1} = 0,4 \sigma_B$ ;  $\sigma_a$  – амплітуда змінювання напружень, у цьому випадку вони змінюються від плюс  $\sigma_{max}$  до мінус  $\sigma_{max}$ ;  $\sigma_{max}$  – найбільше напруження від дії згинального моменту;  $\sigma_{max} = M_{max} / W_x$ ;  $\sigma_c$  – середнє напруження циклу,  $\sigma_c = 0$ , оскільки цикл симетричний;  $\psi_{\sigma}$  – коефіцієнт, що залежить від виду матеріалу, для сталей з

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$\sigma_B=1200\dots1400$  МПа  $\psi_\sigma=0,25$ ;  $(k_\sigma)_d$  ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна знайти із формули:

$$(k_\sigma)_d = \frac{k_\delta}{(\beta \cdot \varepsilon)} = \frac{1}{1 \cdot 0,3} = 6,6$$

де  $k_\sigma$  – коефіцієнт концентрації напружень, для цього випадку  $k_\sigma=1,9\dots2$ ;  
 $\beta$  – 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  $\varepsilon=0,3$ . Таким чином, черв'як є витривалим.

### 5.5 Розрахунок шліцьового з'єднання

Черв'як з валом вузла упорного підшипника з'єднується шліцьовим евольвентним з'єднанням 60×1,5×9 ГОСТУ 6033-80.

Розрахунок шліцьового з'єднання проводять на зм'яття втулки в місці її зіткнення з бічними поверхнями зубців.

$$\sigma_{зм} = \frac{M_{кр}}{\psi \cdot z \cdot h \cdot l \cdot r_{cp}} \leq [\sigma]_{см}$$

де  $M_{кр}=25,4$ кН·м – крутячий момент, діє на валу черв'яка,  $[\sigma]_{зм}=60$ МПа - напруга зм'ягнення що допускається на бічних поверхнях зубцешліцевих з'єднань,  $\psi=0,75$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по зубцях,  $Z=28$  - число зубців,  $L=8,5$  см - робоча довжина уздовж осі валу;

$h$  - робоча висота контактуючих зубців в радіальному напрямі;  
 $r_{cp}$  - середній радіус, тобто відстань від осі обертання валу до середини висоти зубця:

$$r_{cp} = \frac{D_e + D_a}{4}$$

$$h = \frac{D_e - D_a}{2}$$

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

де  $D_b=6,0$  см - зовнішній діаметр,  $D_a$  - внутрішній діаметр (кола виступів для отворів);  $m=0,3$  см – модуль.

При центруванні по боковим поверхням зубців:

$$D_a = D - 2 * m = 6,3 - 2 * 0,3 = 5,7 \text{ см.}$$

$$r_{cp} = \frac{6,3+5,7}{4} = 3 \text{ см. } h = \frac{6,3-5,7}{2} = 0,3 \text{ см.}$$

$$b_{cp} = \frac{25400}{0,75 * 28 * 0,3 * 20 * 3} = 67,2 \text{ см.}$$

$$\sigma_{cm} < [\sigma]_{cm}$$

## 5.6 Розрахунок міцності болтів

Проведемо розрахунок болтів, що сполучають корпус преса з фільтром, на міцність.

З'єднання здійснюється відкидними болтами М16, кількість болтів - 6, матеріал болтів - Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71, термообробка 28...32 HRC, з'єднання проводиться з попереднім затягуванням.

Визначаємо розрахункове зусилля при одночасній дії центральної відриваючої сили і зусилля затягування з урахуванням пружних властивостей матеріалу болтів і з'єднань деталей.

З умови збереження щільності стику:

$$P_{зат} = K \cdot (1 - \lambda) \cdot P,$$

де:  $K$  - коефіцієнт затягування при постійному зовнішньому навантаженні:  $K=1.3... 1.5$ , приймаємо:  $K=1.4$ .

$\lambda$  - коефіцієнт основного навантаження для з'єднань із сталевих деталей без прокладки:  $\lambda=0,2...0,3$ , приймаємо:  $\lambda=0,3$ .

$P= 406.4$  кН - осьове зусилля, що діє в циліндрі,

$$P_{зат} = 1,4 * (1 - 0,3) * 406.4 * 10^3 = 483616 \text{ Н.}$$

Розрахункове навантаження з урахуванням крутячого моменту затягування:

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$P_p = 1,3 * P_{зат} + \lambda * P = 1,3 * 483616 + 0,3 * 406,4 * 10^3 = 750620,8 \text{ Н}$$

Навантаження доводиться на один болт:

$$P_z = \frac{P_p}{Z} = \frac{750620,8}{6} = 125103,5 \text{ Н.}$$

де  $Z=6$  - число болтів.

Напруга розтягування, що виникає в болтах:

$$\sigma_p = \frac{P_z}{F} \leq [\sigma],$$

де  $F$  - площа перетину болта М16,

$d_{вн} = 3,19 \text{ см}$  - внутрішній діаметр різьби М16

$$F = 0,785 * d_B^2 = 0,785 * 3,19^2 = 8 \text{ см}^2.$$

$$\sigma_p = \frac{125103,5}{8 * 10^{-4}} = 156 \text{ МПа.} \leq [6]$$

Визначимо напругу, що допускається, для болтів із сталі 30ХГСА.

$\sigma_t = 280 \text{ МПа}$  - межа текучості сталі 30ХГСА ГОСТ 4543-71, для

перетину до 60мм,  $\sigma_B = 350 \text{ МПа}$  - межа міцності цієї сталі.

$$\text{Згідно ГОСТ 12816-80 при } \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{280}{350} = 0,8 \quad [\sigma] = \frac{\sigma_d}{1,5} \text{ де } [\sigma]_{\text{доп}} -$$

напруга розтягування, що допускається, для болтів

$$[\sigma]_{\text{доп}} = \frac{280}{1,5} = 186,6 \text{ МПа.}, \quad \sigma_p < [\sigma]$$

Розрахуємо вісь, навколо якої обертається відкидний болт, на зріз.

Напруга зрізу:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{F} \leq [\tau]_{ch}$$

де  $P=125103,5 \text{ Н}$  - розрахункове навантаження,  $F$  - площа перетину осі,

$d$  - діаметр осі,

$$F = 0,785 * d^2 = 0,785 * 3,5^2 = 10 \text{ см}^2,$$

$$\tau_{cp} = \frac{13929,9}{0,785 * 10^{-4}} = 177,5 \text{ МПа} \leq [\tau]_{cp}$$

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$\tau_{cp} = \frac{125103,5}{10 * 10^{-4}} = 125 \text{ МПа.} \leq [\tau]_{cp}$$

Матеріал осі - Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, 28...32НРС.

$[\tau]_{cp}=195$  МПа - напруга, що допускається, на зріз для матеріалу осі:

$$\tau_{cp} \leq [\tau]_{cp}$$

### 5.7 Розрахунок матеріального циліндра, напруг від дії тиску

Вихідні дані: Внутрішній радіус корпусу  $R_b=31,5$ мм, зовнішній радіус корпусу  $R_H=50$ мм, тиск лиття  $P=50$ МПа.

1.Радіальний тиск :

$$\sigma_r^p = \frac{P * R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 - \frac{R_H^2}{r^2}\right);$$

де  $r$ -поточний радіус ,

$r=R_b$  – при максимальному значенні радіального тиску .

$$\sigma_r^{p \max} = \frac{P * R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 - \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{50 * 10^6 * 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} \left(1 - \frac{50^2}{31,5^2}\right) = -50 \text{ МПа};$$

$$\sigma_r^{p \min} = \frac{P * R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 - \frac{R_H^2}{R_H^2}\right) = \frac{50 * 10^6 * 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} \left(1 - \frac{50^2}{50^2}\right) = 0 \text{ МПа};$$

2.Тангенціальна напруга :

$$\sigma_\tau^{p \max} = \frac{P * R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 + \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{50 * 10^6 * 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} \left(1 + \frac{50^2}{31,5^2}\right) = 115,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_\tau^{p \min} = \frac{P * R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 + \frac{R_H^2}{R_H^2}\right) = \frac{50 * 10^6 * 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} \left(1 + \frac{50^2}{50^2}\right) = 65,8 \text{ МПа};$$

3.Осьова напруга :

$$\sigma_z^{\max} = \frac{P * R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} = \frac{50 * 10^6 * 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} = 32,9 \text{ МПа};$$

						ЛП72.12.1246.002-70PP	Арк.
							15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## 5.8 Розрахунок температурних напруг

Вихідні дані :Внутрішній радіус корпусу  $R_{в}=31,5\text{мм}$  ,зовнішній діаметр корпусу  $R_{з}=50\text{мм}$  , модуль пружності  $E=2*10^5 \text{ МПа}$  , коефіцієнт лінійного розширення  $\alpha=1*10^{-5} \text{ м/к}$ .

1.Радіальна температурна напруга на стінках циліндра :

$$\sigma_r^t = \frac{E*\alpha(T_3-T_6)}{2*(1-\mu)\ln\frac{R_3}{R_6}} \left( \ln \frac{R_H}{r} + \frac{R_6}{R_3^2 - R_6^2} * \left( 1 - \frac{R_3^2}{R_6^2} \right) \ln \frac{R_3}{R_6} \right);$$

де  $T_H - T_В = 3...5^\circ\text{C}$ ,

$$\sigma_r^t = \frac{2*10^{11}*10^{-5}(5-1)}{2*(1-0,3)\ln\frac{50}{31,5}} \left( \ln \frac{50}{31,5} + \frac{31,5}{50^2 - 31,5^2} * \left( 1 - \frac{50^2}{31,5^2} \right) \ln \frac{50}{31,5} \right) = 5,8\text{МПа};$$

$$\sigma_r^t = \frac{2*10^{11}*10^{-5}(5-1)}{2*(1-0,3)\ln\frac{50}{31,5}} \left( \ln \frac{50}{50} + \frac{23}{58^2 - 53^2} * \left( 1 - \frac{50^2}{50^2} \right) \ln \frac{50}{50} \right) = 0\text{МПа};$$

2.Тангенціальна напруга :

$$\sigma_\tau^t = \frac{E*\alpha(T_3-T_6)}{2*(1-\mu)\ln\frac{R_3}{R_6}} \left( 1 - 2 \ln \frac{R_H}{r} + \frac{R_6^2}{R_3^2 - R_6^2} * \left( 1 - \frac{R_3^2}{r^2} \right) \ln \frac{R_3}{R_6} \right);$$

						<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16



$$\sigma_{\tau} = \sigma_{\tau}^p + \sigma_{\tau}^t;$$

$$\sigma_{\tau} = 115,8 + 1,45 = 117,25 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\tau} = 65,8 + 8,87 = 74,67 \text{ МПа};$$

Осьова напруга :

$$\sigma_z = \sigma_z^p + \sigma_z^t;$$

$$\sigma_z = 32,9 - 8,3 = 24,6 \text{ МПа};$$

$$\sigma_z = 32,9 + 4,25 = 37,15 \text{ МПа};$$

Сумарне напруження знайдемо за четвертою теорією міцності :

$$\begin{aligned} \sigma_{\Sigma} &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_2\sigma_3} \leq [\sigma] = \\ &= \sqrt{44,2^2 + 117,25^2 + 24,6^2 - 44,2 * 117,25 - 44,2 * 24,6 - 117,25 * 24,6} = \\ &= 84,5 \text{ МПа} \leq 250 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

Умови міцності виконуються .

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

## 6. Результати розрахунку на міцність в системі ANSYS завантажувального бункера

В системі ANSYS були проведені розрахунки на міцність бункера завантажувального пристрою, метою яких було визначення навантажень, які діють на бункер для того, щоб мінімалізувати вагу бункера.

Завантажувальний бункер виконаний з матеріалу Сталь 40Х, максимально допустиме навантаження якої дорівнює 330 Мпа.

Товщина стінки бункера 10 мм.

Побудуємо 3Д модель в системі ANSYS

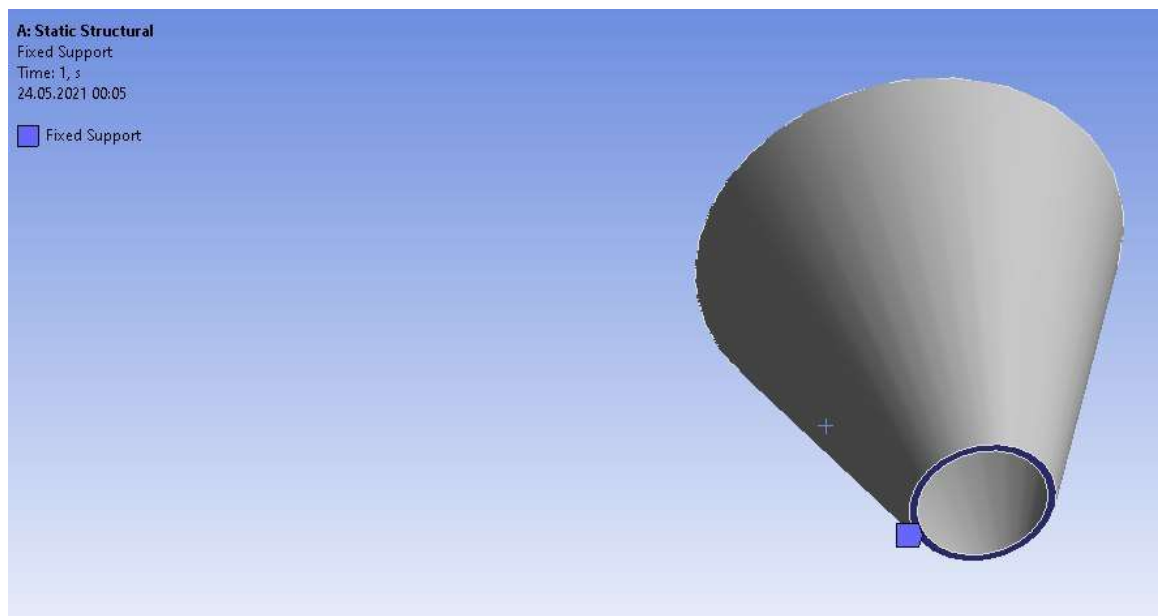


Рисунок 6.1 – Початкова геометрія корпусу і закріплення бункеру.

Тепер необхідно навантажити бункер всередині, орієнтовний тиск насипного матеріалу на стінки бункера 1 Мпа.

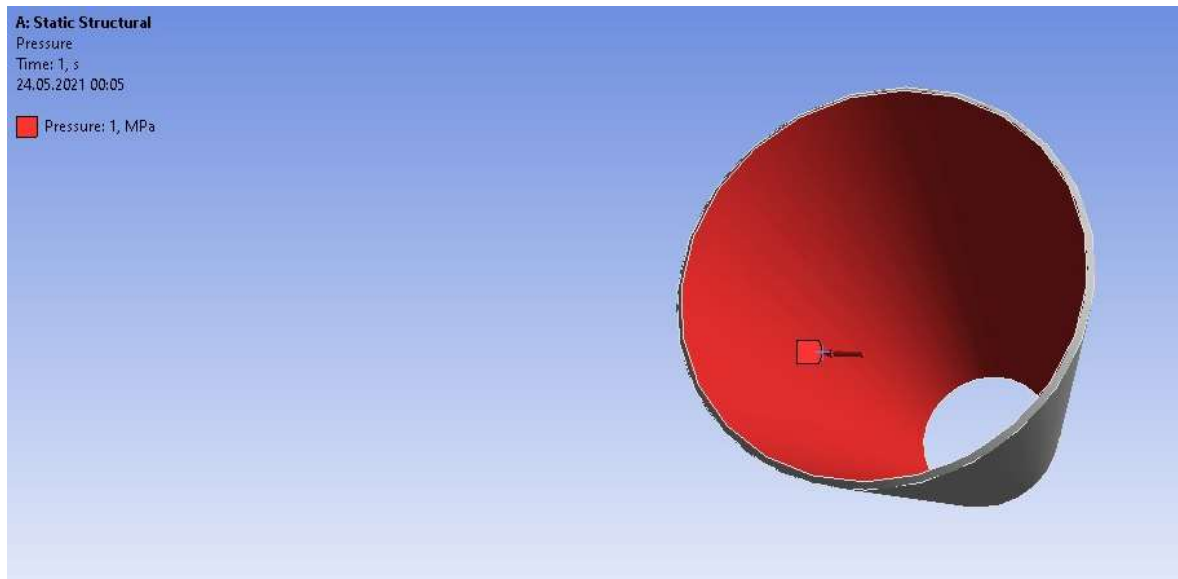


Рисунок 6.2 – Задання тиску в конструкції.

Після того, як ми навантажили нашу конструкцію тиском, можемо спостерігати внутрішні переміщення в деталі.

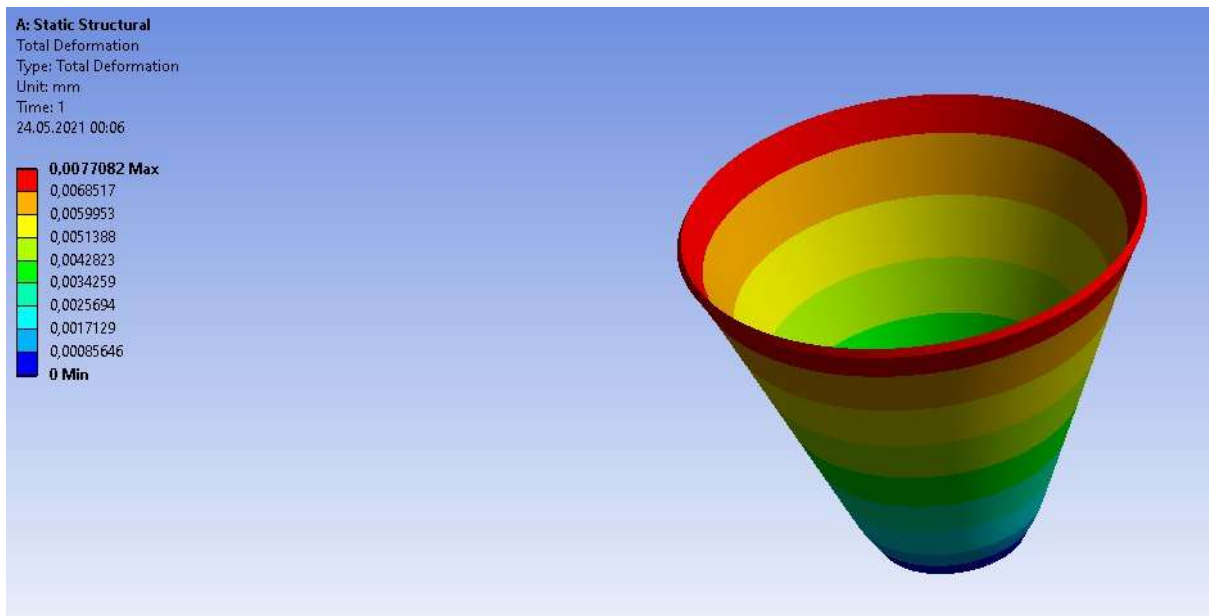


Рисунок 6.3 – Внутрішні переміщення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*ЛП72.12.1246.002-70PP*

Арк.

20

Розрахуємо запас міцності базової конструкції

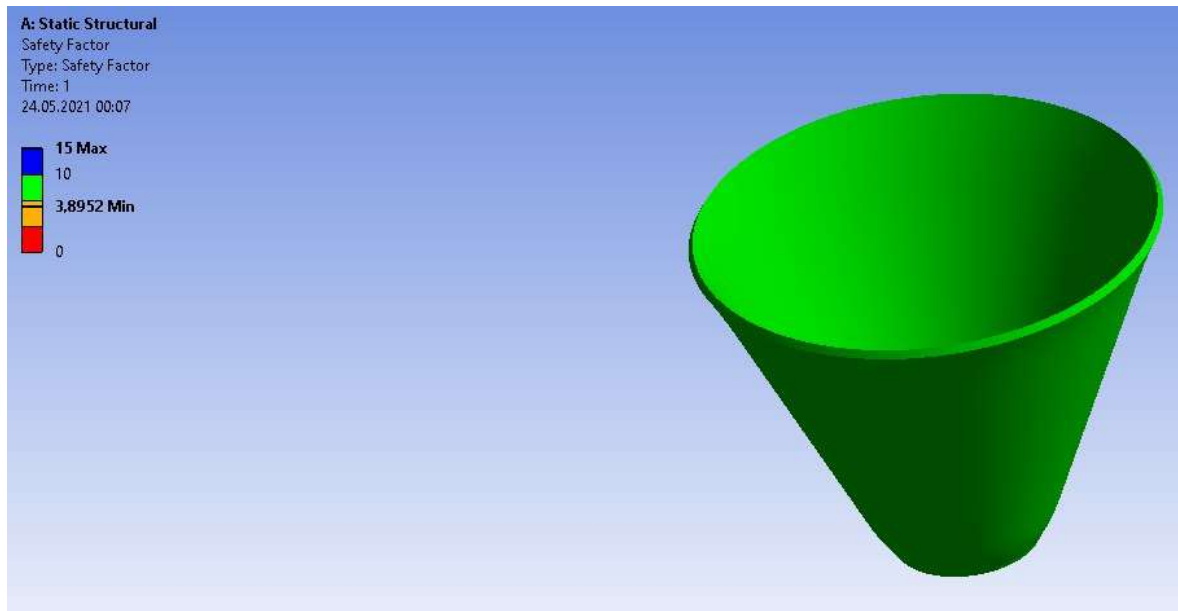


Рисунок 6.4 – Запас міцності конструкції

Розраувавши запас міцності ми бачимо, що товщину стінки даного бункера можна значно зменшити. Візьмемо товщину стінки 3 мм.

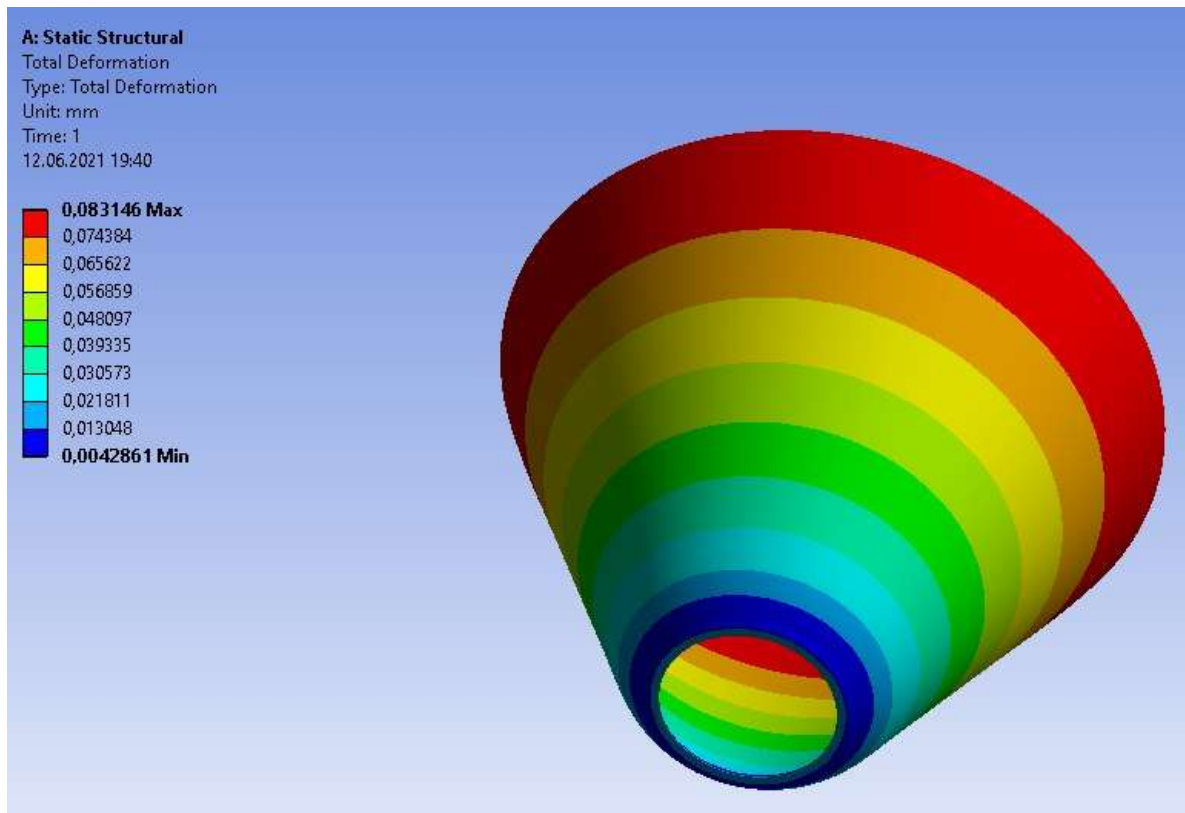


Рисунок 6.5 – Внутрішні переміщення модернізованого бункера

Розрахуємо запас міцності модернізованої конструкції:

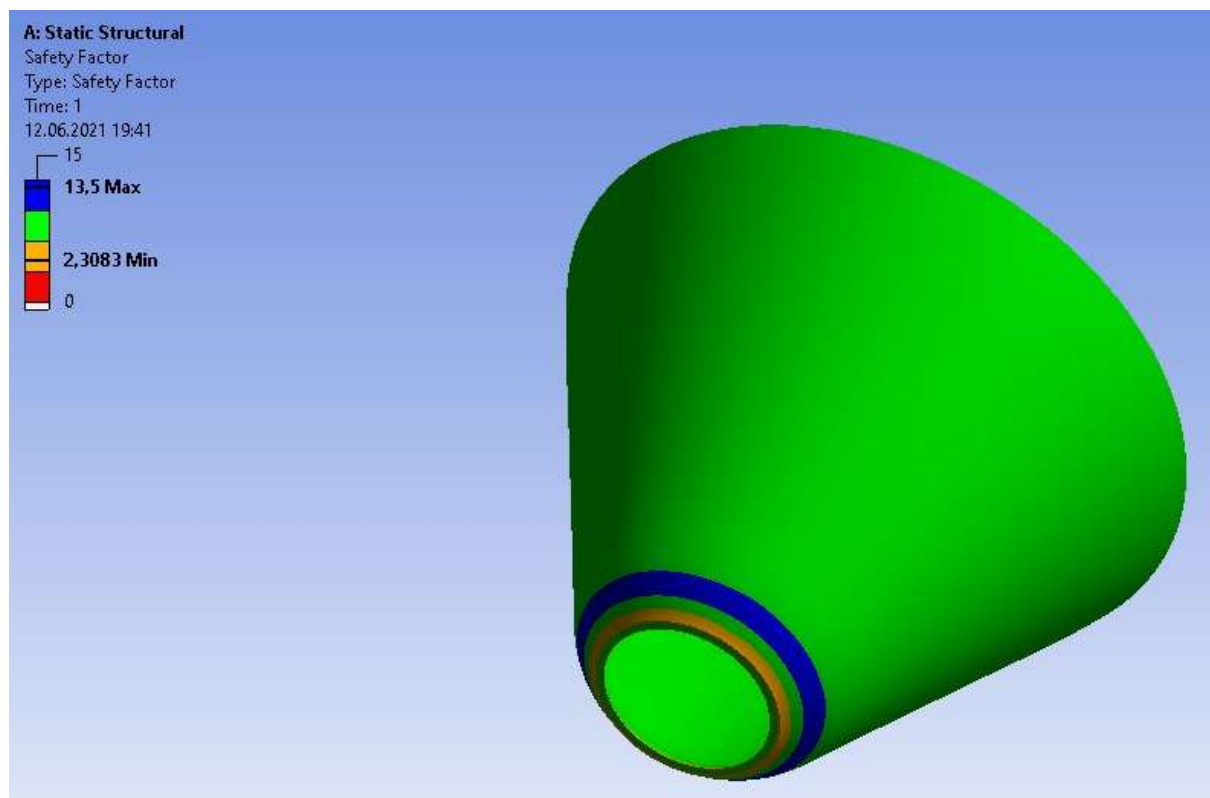


Рисунок 6.6 – Запас міцності модернізованої конструкції

Висновки: в результаті розрахунку завантажувального бункера в системі ANSYS було визначено, що товщину стінок бункера можна зменшити з 10 мм до 3 мм. Отже, товщину стінки завантажувального бункера можна зменшити, що задовольнить умови допустимого навантаження і зменшить загальну вагу бункера, що полегшить його пересування і зменшить витрату зусиль на пересування його по направляючих, а також здешевить виробництво деталі.

					<i>ЛП72.12.1246.002-70PP</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **Технологія машинобудування**

**до дипломного проекту**

**на тему:**

**«Устаткування для грануляції з модернізацією  
завантажувального пристрою»**

**Київ – 2021 року**

## Зміст

1.	Виготовлення деталі «корпус підшипника».....	3
1.1	Призначення та опис деталі.....	3
1.2	Заготовка для виготовлення корпусу підшипника.....	3
1.3	Виготовлення деталі «Корпус підшипника». Технологічний проце...5	5
2.	Деталь «Корпус підшипника»: вибір і розрахунок пристосування для обробки.....	15
2.1	Пристосування для обробки корпусу підшипника.....	15
2.2	Розрахунки сили закріплення пристосування.....	15
	Висновки.....	18

					<b>ЛП72.12.1246.003-70TE</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Різник				<i>Устаткування для грануляції з модернізацією завантажувального пристрою</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Сівецький					2		
Реценз.						<i>КПІ</i>		
Н. Контр.						<i>ім. Ігоря Сікорського</i>		
Затверд.	Гондляр							

# 1. ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КОРПУС ПІДШИПНИКА»

## 1.1 Призначення та опис деталі

Складова підшипникового вузла, в яку встановлюється радіально-упорний підшипник із шліфованими сферичними зовнішніми кільцями називається корпусом підшипника. Виготовляється дана деталь з пресованої або штампованої сталі, синтетичного каучуку або ж високоякісного чавуну.

Підшипниковий корпус може працювати при високих навантаженнях, малошумний, довговічний і має здатність до роботи в екстримальних умовах експлуатації. Цю деталь доцільно використовувати в досліджуваній машині.

## 1.2 Заготовка для виготовлення корпусу підшипника

Як результат технологічного контролю креслень корпусу підшипника було визначено:

- Розміри необхідні для виготовлення деталі вказані;
- Розташування поверхонь та допуски форми вказані згідно з ГОСТ 24643-81;
- Відилення розмірів та допуски наведені згідно ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82;
- Шосткість поверхонь згідно ГОСТ 2789-73;
- Всі вимоги щодо точності виготовлення корпусних поверхонь циліндру відповідають пред'явленій шорсткості поверхонь.

					<i>ЛП72.12.1246.003-70TE</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

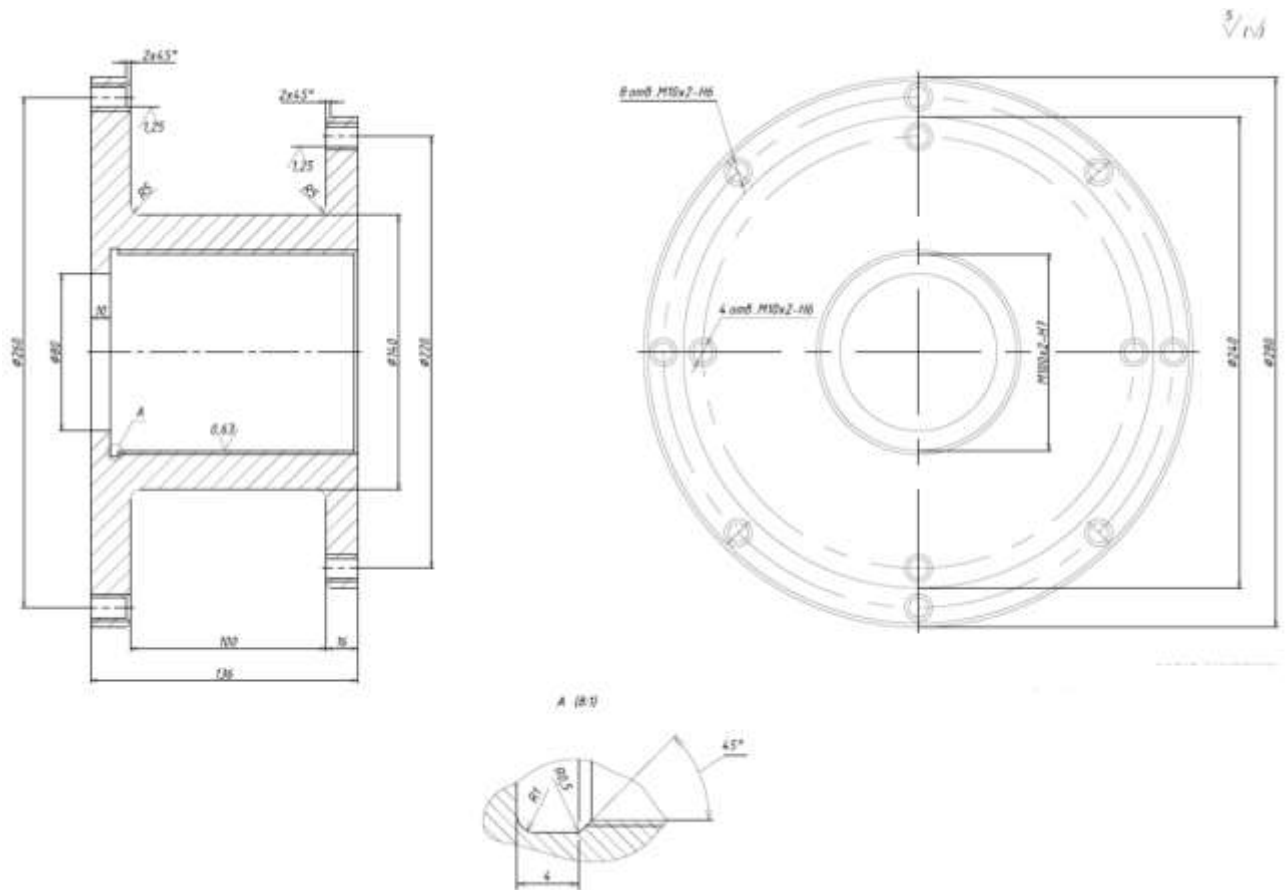


Рис. 1.3.1 – Ескіз корпусу підшипника

Дана деталь виготовляється з матеріалу Сталь 40Х, оскільки саме цей матеріал використовується для деталей, які потребують підвищеної твердості, а вага само деталі і  $m_d = 3,76$  кг.

За допомогою лиття в піщано-глиняній формі отримують заготовку для виготовлення деталі. Саме застосування матеріалу Сталь 40Х дозволяє отримати круглі профілі з мінімальними мінусовими допусками і кращими механічними властивостями.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_d}{m_3} = \frac{3,7}{6,37} = 0,59,$$

де маса заготовки дорівнює  $m_3 = 6,37$  кг

					<i>ЛП72.12.1246.003-70TE</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

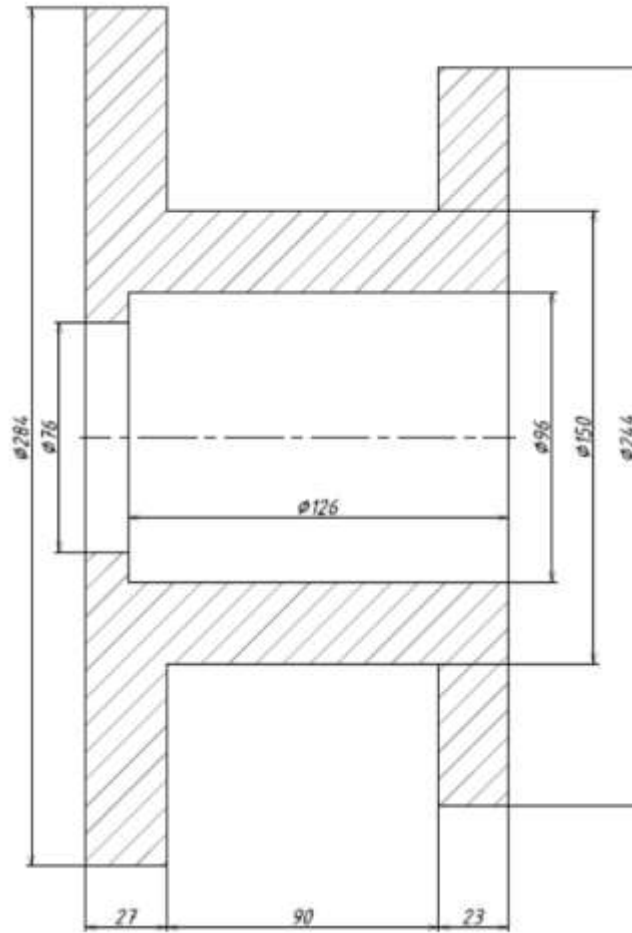


Рис. 1.2.2 – Заготовка деталі

### 1.3 Виготовлення деталі «Корпус підшипника». Технологічний процес

На картах ескізів, маршрутній карті і операційних картах, які були розроблені в процесі дипломного проектування, зображений технологічний процес з виготовлення деталі «Корпус Підшипника».

Операції 015, 010 та 005 проводяться з використанням токарно-револьверного верстату з ЧПУ 16К20П, в якості інструменту використовується торцева фреза Т15К6. Для операції 020 необхідно використати свердла Ф10 з універсальним свердлильним верстатом 2Н135.

											ЛП72.121246.003-70ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								5









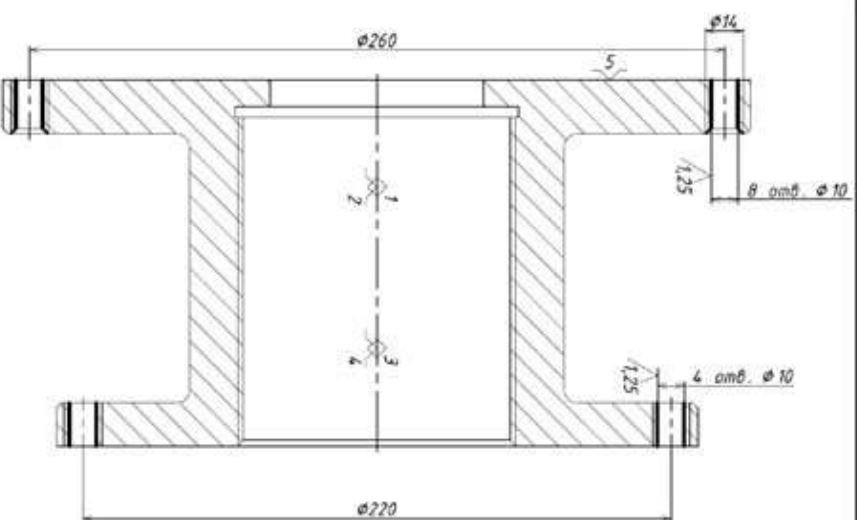
Дубл.				
Взамін.				
Підпис				

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Різник								
Перевірус	Борщук								
Н. контр.									
		КПІ ім. Георгія Сікорського, ІХФ		КОРПУС ЦИЛІНДРУ		020		Н	



KE

Обробка різанням









## 2. ДЕТАЛЬ «КОРПУС ПІДШИПНИКА»: ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ

### 2.1 Пристосування для обробки корпусу підшипника

Відповідно до обраної деталі, потрібно прозвердлити в задній та передній частинах корпусу підшипника 8 та 4 отвори відповідно, діаметром 10 мм. Для цього необхідно використати пристрій з кратністю свердління 4 отвори. В даному випадку використаємо кондуктор для свердління чотирьох отворів.

Кондуктор – різновид верстату для обробки отворів на фрезерному або свердлильному станках.

### 2.2 Розрахунки сили закріплення пристосування

Під час обробки заготовки на неї діють сили різання з боку ріжучого інструменту, які можуть зрушити її з фіксованих елементів. Для запобігання зміщуванню заготовки її необхідно закріпити.

На Рис. 1.5.1 зображено сили, які діють на оброблювану деталь та схема її затискання.

Якщо отвір розсвердлювати у кондукторі, то величина затискної сили розраховується згідно наступної формули:

$$Q = \frac{M_{кр}}{f * r}$$

$M_{кр}$  – крутний момент свердла;

$f$  – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях.

					<i>ЛП72.12.1246.003-70TE</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

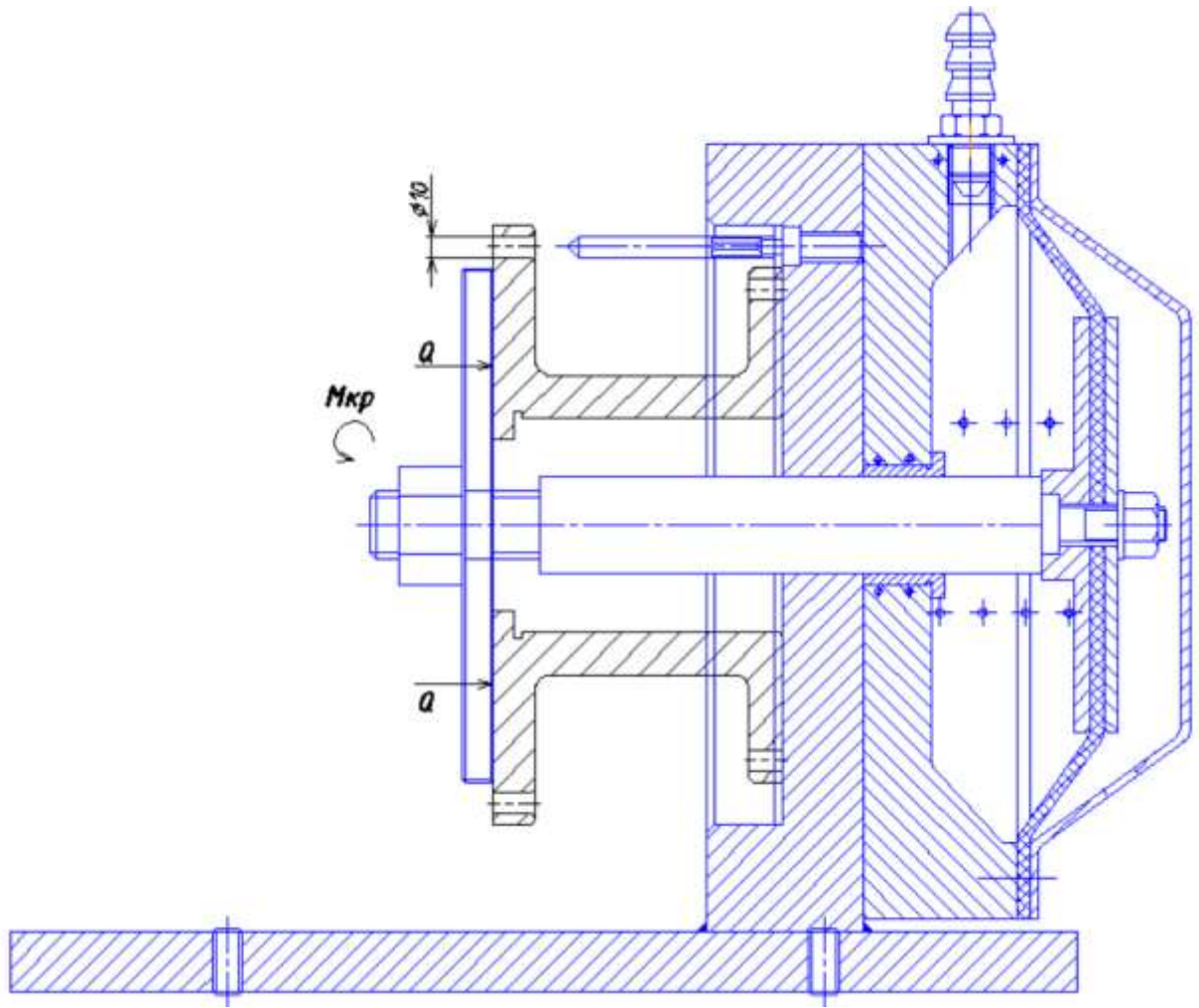


Рис. 2.1 – Сема затиснення деталі і сили, які на неї діють

Щоб забезпечити надійність закріплення, додатково збільшують силу затискання на величину коефіцієнту запасу  $K$ . Отримаємо остаточну формулу для знаходження сили затискання:

$$Q = \frac{M_{кр} \cdot K}{f \cdot r}$$

Крутний момент свердла:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p,$$

$$C_M = 0,0345, q = 2, y = 0,85, S = 0,15 \text{ мм/об}$$

$K_p$  – коефіцієнт фактичних умов обробки, визначається по формулі:

$$K_p = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$

$$K_p = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,62.$$

Отже крутний момент рівний:

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ЛП72.12.1246.003-70TE</i>				

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,62 = 4,69 \text{ Нм.}$$

Визначимо коефіцієнт запасу К:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

$K_0 = 1,5$  – загальний коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$  – коефіцієнт стану поверхні оброблюваної заготовки;

$K_2 = 1$  – коефіцієнт впливу сил різання відповідно до поступового затуплення інструменту;

$K_3 = 1$  – коефіцієнт збільшення сили різання під час переривчастого різання;

$K_4 = 1,2$  – коефіцієнт сталості силм затискання приводом в пристосуванні;

$K_5 = 1$  – коефіцієнт зручності розташування рукояток у затискному обладнанні;

$K_6 = 1$  – коефіцієнт наявності моментів, які намагаються змістити заготовку.

Отже коефіцієнт запасу дорівнює:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16.$$

Використовуючи отримані значення знайдемо силу затискання заготовки у пристосуванні:

$$Q = \frac{2,16 \cdot 4,69}{0,25 \cdot 0,02} = 2026,1 \text{ Н,}$$

$r = 0,02$  м – відстань між точкою прикладання сили затискання і місцем свердління.

$f = 0,25$  – коефіцієнт тертя гладких поверхонь.

Відповідно до ГОСТ 6636-69 сила затиску  $Q = 2120$  Н.

					<i>ЛП72.12.1246.003-70TE</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання розділу «Технологія машинобудування» в даному дипломному проектуванні був виконаний опис деталі «Корпус підшипника», розроблено технологічний процес виготовлення деталі та побудовано ескіз і заготовку, визначено пристосування для обробки обраної деталі.

Виконано розрахунок сил закріплення, які діють на обрану деталь.

					<i>ЛП72.12.1246.003-70TE</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

# ДОДАТКИ

## Додаток А

### Таблиця розглянутих патентів

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	Завантажувальний бункер	Україна Авторське свідоцтво № 2002043027, кл. B65G22/24, B65G33/26 2003 рік Радик Д.Л. Васильків В.В.	Завантажувальний бункер гвинтового живильника-дозатора встановлений з можливість переміщення по направляючі вздовж повздовжньої осі черв'яка.
2	Живильник гвинтовий	СРСР Авторське свідоцтво № 580158, кл. B65G 33/08 1975 рік Назаров В.Д Вятских А.Л.	З ціллю підвищення надійності роботи жиильника, закриваючий механізм виконаний у вигляді пластини, розташовано перпендикулярно осі гвинта.
3	Живильник гвинтовий	СРСР Авторське свідоцтво № 973452, 1981 рік, кл. B65G 33/08 Трутнев М.А.	Для підвищення продуктивності і надійності додана додаткова герметична оболонка у вигляді еластичного елемента з автономним вентилям, пов'язаним з порожнистим валом і закріпленим на робочій поверхні суцільної лопаті гвинта.
4	Живильник гвинтовий для поганосипучих матеріалів	СРСР Авторське свідоцтво № 952699, 1980 рік, кл. B65G 33/00, Ровенский А.Е. Растворов В.Н.	Гвинтовий живильник для поганосипучих матеріалів з розміщеним в корпусі валом з гвинтовою лентовою лопаттю, обладнаний хрестовиною розміщеною співвісно з валом для ліквідації налипання матеріалу.
5	Живильник гвинтовий	СРСР Авторське свідоцтво №	З ціллю регулювання продуктивності шляхом зміни кроку гвинта в місці завантаження, він

		839911 1979 рік, кл. В65G 33/26, Назаров В.Д.  Артемова А.В.	обладнаний додатковою гвинтовою насадкою з козирками.
6	Живильник гвинтовий для поганосипучих матеріалів	СРСР Авторське свідоцтво № 952699, 1980 рік, кл. В65G 33/00, Назаров В.Д.  Артемова А.В.	Замкнена еластична оболонка закріплена всередині завантажувального патрубку за допомогою козирка з еластичним ущільнювачем.
7	Живильник гвинтовий	СРСР Авторське свідоцтво № 557012, 1974 рік, кл. В65G 33/00, Смоляков А.Ф  Пошернев Н.В.	З ціллю спрощення конструкції і підвищення надійності заслонка виконана у вигляді встановленого співвісно з гвинтом з можливістю обертання циліндру.
8	Живильник гвинтовий	СРСР Авторське свідоцтво № 952699, 1980 рік, кл. В65G 33/00, Макаревич Н.В.	Модернізація шнеку з метою уникнення налипання матеріалу і підвищення ефективності.
9	Пневматичний гвинтовий живильник	СРСР Авторське свідоцтво № 893756, 1979 рік, кл. В65G 53/48, Тарасов А.С.  Іванов В.А.  Арнаутов В.І.	Модернізація шнеку з метою підвищення ефективності.
10	Гвинтовий живильник пневмотранс портної установки	СРСР Авторське свідоцтво № 755727, 1978 рік, кл. В65G 53/48, Морозов А.Д.	Модернізація шнеку з метою підвищення надійності.

**ДОДАТОК Б**  
**СПЕЦИФІКАЦІЇ**







## **Завантажуючий пристрій екструдера**

Різник Д.О., студент, Сівецький В.І., к.т.н., професор

Національний технічний університет України

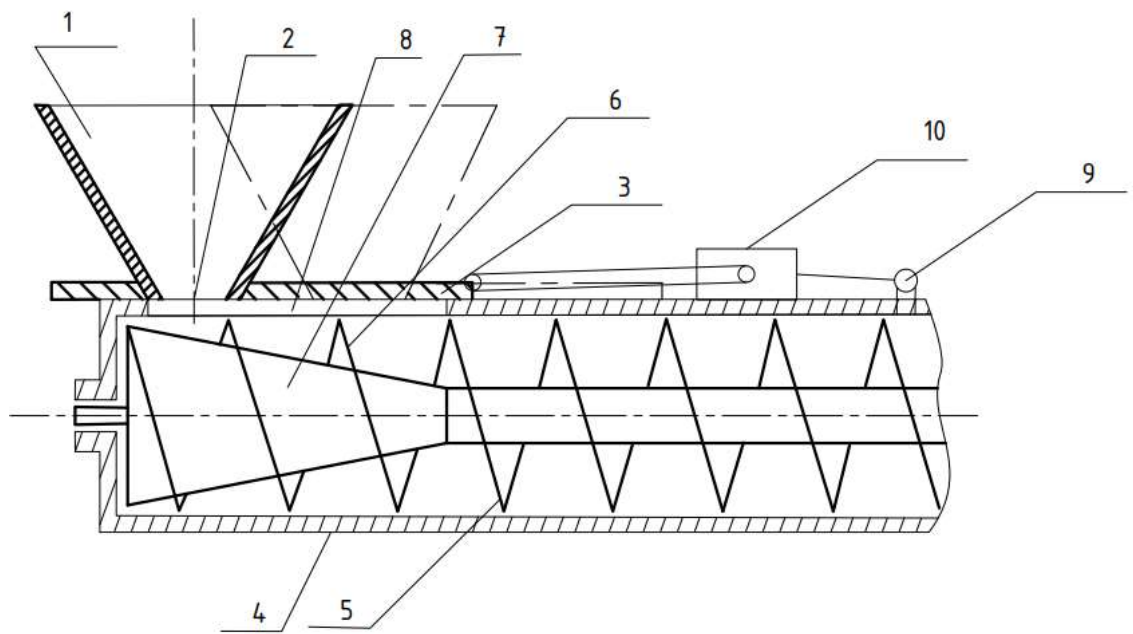
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Запропоновано вдосконалення завантажуючого пристрою екструзійного агрегата для плавного регулювання продуктивності машини.*

В [1,2] зображено типові конструкції одночерв'ячних екструдерів. Одним із недоліків конструкцій черв'ячних екструдерів є складність регулювання продуктивності живильника-дозатора для підтримки стабільних параметрів процесу екструзії.

З метою вдосконалення конструкції черв'ячного екструдера використаємо рішення [3]. Метою даного конструктивного рішення являється забезпечення плавного регулювання продуктивності роботи агрегату. Це досягається за рахунок того, що корпус бункера черв'ячного екструдера встановлюється на направляючі, по яких бункер може здійснювати поступальний рух вздовж повздовжньої осі черв'яка, що забезпечує зміну величини міжвиткового простору.

Модернізований живильник-дозатор складається з завантажувального бункера 1 з вихідним отвором 2, встановленого з можливістю переміщення по направляючих 3 вздовж напрямку подачі насипного вантажу, корпусу 4, в якому розміщений шнек 5, робоча ділянка 6 якого, розташована під вихідним отвором 2 завантажувального бункера 1, виконана зі змінним січенням вільного об'єму між корпусом 4 і шнеком 5 таким чином, що гвинтова спіраль робочої ділянки 6 шнека 5 виконана зовнішньою циліндричною та внутрішньою конічною поверхнями обертання, причому профіль вала 7, на який насаджена ця спіраль, відповідає її внутрішній поверхні обертання. В корпусі 4 виконаний завантажувальний отвір 8, що знаходиться між завантажувальним бункером 1 з вихідним отвором 2 і робочою ділянкою 6 шнека 5, причому довжина його відповідає довжині робочої ділянки 6 шнека 5, а ширина співрозмірна з шириною вихідного отвору 2 завантажувального бункера 1. Датчик тиску 9, вмонтований в корпус екструдера, та привід 10.



Матеріал із завантажувального бункера 1 поступає на робочу ділянку 6 шнека 5 через вихідний отвір 2 і завантажувальний отвір 8. Шнек переміщує матеріал по кожусі 4 в зону розвантаження. Датчик тиску 9 фіксує зміну тиску в системі і в разі виникнення необхідності регулювання чи зміни продуктивності живильника-дозатора переміщує завантажувальний бункер 1 вздовж направляючих 3 за допомогою приводу 10, це забезпечить зміну величини міжвиткового простору, що знаходиться під вихідним отвором 2 бункера 1. Для збільшення продуктивності живильника-дозатора завантажувальний бункер 1 зміщують в напрямку подачі матеріалу, збільшується об'єм міжвиткового простору в який потрапляє матеріал, для зменшення продуктивності бункер 1 переміщують в протилежному напрямку.

Дане вдосконалення черв'ячної машини забезпечить можливість надійного регулювання продуктивності живильника-дозатора та стабілізувати процес екструзії полімерних матеріалів при виготовленні різноманітних погонажних виробів, для формування яких необхідно підтримувати заданий рівень тиску.

## 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. — 119 с.
2. Л. Б. Радченко, В. І. Сівецький Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів: навчальний посібник –Київ «Політехніка», 2002–60 с.
3. Патент України UA №53988 МПК B65G33/24, B65G33/26.