

**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: Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки

---

---

---

**Студент групи IV к.ЛП-71 Нікітенко Микита Сергійович**

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник проекту:**

доц.,к.п.н., доц. каф.ХПСМ 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.Гондляр**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Нікітенко Микиті Сергійовичу**

1. Тема проекту «Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки», керівник проекту Казак Ірина Олександрівна, доц., к.п.н., доц. каф.ХПСМ, 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  $D=100\text{мм}$ ; загальна довжина черв`яка 25D; матеріал- ПЕТ,  $\beta=0^\circ$  максимальне число обертів черв`яка 1 об/с; крок черв`яка 0,06 м; ширина витка 0,007 м; масова продуктивність черв`ячного редуктора 0,08 кг/с; температура завантажувального матеріалу - 22 °С; температура стінки - 240°С; температура плавлення розплаву 200°С.

4. Зміст пояснювальної записки:

Розділ «Пояснювальна записка»: Вступ; 1.Призначення та галузь застосування гранулятора; 2.Технічна характеристика гранулятора; 3.Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії гранулятора;4.Літературний та патентний огляд,обґрунтування вибору модернізації формуючої головки гранулятора; 5.Охорона праці та навколишнього середовища; Очікувані механіко-економічні показники та висновки; Висновки; Розділ «Технологія машинобудування»; Розділ «Розрахунки»; Загальні висновки; Перелік посилань; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу:

Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки – формат А1; Технологічна схема отримання грануляту з відходів ПЕТ – формат А1; Головка гранулятора – формат А1; Головка гранулятора модернізована – формат А1; Матриця гранулятора – формат А1; Результати розрахунків модернізованої головки гранулятора у системі ANSYS – формат А1.

## 6. Консультанти розділів проекту

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

Дата видачі завдання 17.05.2021 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ. Технічна характеристика.	17.05.2020-19.05.2021	
2.	Призначення і галузь застосування.	20.05.2020-22.05.2021	
3.	Опис конструкції та принцип дії.	23.05.2021-24.05.2021	
4.	Літературно-патентний огляд.	25.05.2021-26.05.2021	
5.	Розрахунки.	27.05.2021-28.05.2021	
6.	Охорона праці.	29.05.2021-31.05.2021	
7.	Технологія машинобудування.	01.06.2021-03.06.2021	
8.	Висновки.	04.06.2021-06.06.2021	
9.	Графічна частина.	07.06.2020-10.06.2021	

Студент

Нікітенко М.С.

Керівник проекту

Казак І.О.

## ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

РЕФЕРАТ (укр.мова).....	1
РЕФЕРАТ (англ.мова).....	1
ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ.....	1
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА (ЛП71.147246.01-70ПЗ).....	25
РОЗРАХУНКИ (ЛП71.147246.02-70РР).....	23
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ (ЛП71.147246.03-70ТЕ).....	13
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	2
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	2
ДОДАТКИ.....	18

					ЛП71.147246.00-70ПЗ				
Зм..	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Гранулятор полімерної сировини з модернізацією ГОЛОВКИ		Літ..	Аркуш	Аркушів
Розроб..		Нікітенко							
Перев.		Казак							
Н. Контр.									
Затверд..		Гондлях							
					НТУУ КПІ ім.І.Сікорського, ІХФ				

## РЕФЕРАТ

Розроблено бакалаврський дипломний проект на тему «Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки».

Текстова частина дипломного проекту складається з трьох розділів: пояснювальна записка, розрахунки, технологія машинобудування, та загальних висновків, переліку посилань з 19 джерел і 5 додатків, 19 рис., 12 табл. Загальний обсяг записки становить 78 стор. Графічна частина вміщує 7 креслень формату А1.

Мета дипломного проекту – розробити працездатну модель модернізованої формуючої головки гранулятора для переробки полімерної сировини.

Методи розробки і проектування – аналітичні, розрахункові, проектувальні, з використанням відомих методик: параметричні розрахунки, розрахунки на міцність та деформації.

У дипломному проекті наведено принцип роботи та конструкція гранулятора, технологічна схема переробки полімерної сировини, наведена та обгрунтована сутність модернізації формуючої головки, зроблено ряд інженерних розрахунків, що підтверджують її працездатність.

**Ключові слова:** ГРАНУЛЯТОР, РОЗРАХУНКИ, ФОРМУЮЧА ГОЛОВКА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ПОЛІМЕРИ.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЛП71.147246.01-70ПЗ

## ABSTRACT

A bachelor's thesis project on "Granulator of polymer raw materials with modernization of the head" has been developed.

The text part of the diploma project consists of three sections: an explanatory note, calculations, engineering technology, and general conclusions, a list of references from 19 sources and 5 appendices, 19 figures, 12 tables. The total volume of the note is 76 pages. The graphic part contains 7 drawings in A1 format.

The purpose of the diploma project is to develop a workable model of an upgraded forming head of a granulator for processing half-dimensional raw materials.

Methods of development and design: analytical, calculation, design, using known techniques: parametric calculations, calculations of strength and deformation. The diploma project presents the principle of operation and design of the granulator, the technological scheme of processing of polymeric raw materials, the essence of modernization of the forming head is given and substantiated, a number of engineering calculations confirming its efficiency are made.

**Key words:** GRANULATOR, CALCULATIONS, FORMING HEAD, MODERNIZATION, POLYMERS.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

- D - діаметр черв'яка, м;  
e - ступінь чорноти корпусу машини;  
E – модуль пружності, МПа.  
F - площа зовнішньої головки, м<sup>2</sup>;  
Gм - продуктивність машини, м<sup>3</sup>/год;  
L - довжині черв'яка, м;  
n – кількість оборотів червяка, об/с;  
N - потужність двигуна, кВт;  
ρ - об'ємна маса матеріалу, кг/ м<sup>3</sup>;  
P - потужність нагрівників, кВт;  
tпоч - температура води початкова, °С;  
tkін - температура води кінцева, °С;  
Tпоч - початкова температура матеріалу, К;  
Tкін - температура розплаву на виході, К;  
α - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м<sup>2</sup>·К.

					ЛП71.147246.00-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту  
на тему: «Гранулятор полімерної сировини з  
модернізацією головки»**

Київ – 2021 року

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГРАНУЛЯТОРА .....	4
1.1 Технологічна схема отримання грануляту з відходів ПЕТ.....	5
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНУЛЯТОРА.....	8
3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ГРАНУЛЯТОРА.....	9
4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД З МЕТОЮ ВИБОРУ МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОРМУЮЧОЇ ГОЛОВКИ ГРАНУЛЯТОРА.....	11
4.1 Обґрунтування обраного варіанту модернізації формуючої головки гранулятора.....	19
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	20
6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ...22	
ВИСНОВКИ.....	27

					ЛП71.147246.01-70ПЗ			
Зм..	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб..		Нікітенко			Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки	Літ..	Аркуш	Аркушів
Перев.		Казак					2	25
Н. Контр.					НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІХФ			
Затверд..		Гондляр						

## ВСТУП

На сьогоднішній день, гранулятори - це найпоширеніший і вимогливий механізм виробництва і переробки різних виробів. Успіх широкого впровадження черв'ячних машин для переробки полімерних матеріалів пояснюється в першу чергу тим, що вони є машинами безперервної дії і дають можливість повної механізації і автоматизації процесів.

Метою даної модернізації є удосконалення формуючої головки для грануляції вторинної сировини.

Предметом дипломного проектування є гранулятор, який широко застосовується як важливий об'єкт у промисловості будівельних матеріалів та харчовій промисловості.

Завданням практики, є розробка і проектування гранулятора, призначеного для функціонування технологічної лінії виробництва полімерних матеріалів. В результаті пошуку нових технічних рішень, необхідних для проектування модернізованої головки знайдено та застосовано оптимальне нове технічне рішення. В результаті розробки модернізованої головки гранулятора спроектовано його нову, покращену у порівнянні з базовою конструкцію, яка буде більш безпечною та створюватиме більш якісну продукцію .

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГРАНУЛЯТОРА

Гранулятори - пристрої для переробки сипучої сировини невеликих фракцій шляхом сухого пресування і продавлювання ущільненої маси через матрицю з отворами. Гранулятори широко використовуються для виробництва комбікормів, а також для виготовлення паливних гранул [1].

Сучасна промисловість випускає наступні різновиди продукції даного типу:

- поліетилен і матеріали, виготовлені на його основі - 35%;
- ПЕТ - 20%;
- папір з ламінуванням - 16%;
- ПВХ - 15%;
- поліпропілен - 8%;
- полістирол - 7%.

Пластичні маси – матеріали, що одержують на основі природних і синтетичних полімерів, а також цілого ряду додатків різного призначення, які внаслідок своєї пластичності під дією теплоти і тиску можуть набувати і зберігати у виробі надану їм форму.

Гранули виготовляються циліндричної, кубічної, сферичної і лускатої форми. Форма гранул залежить від профілюючої головки і метода гранулювання. Існує два види прес-грануляторів використовуваних при виробництві паливних гранул, в першому випадку, використовується кільцева матриця, встановлена вертикально, у другому випадку застосовується плоска матриця, що встановлюється горизонтально.

Основна сфера застосування: виробництво поліпропілену, виробництво ПЕТ стретч-плівки і поліпропіленової плівки, виробництво ПВХ стретч-плівки, а також виробництво найширшого спектра упаковки (пакети «фасування», «майка», сміттевий мішок, пакети з переробній і петлевої ручкою).

Завдяки гранулятора виробляються:

- корми;
- полімерні гранули;
- пелети;

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

## 1.1 Технологічна схема отримання грануляту з відходів ПЕТ

Розглянемо технологічну схему отримання грануляту з відходів ПЕТ (Рис. 1.1) [2].

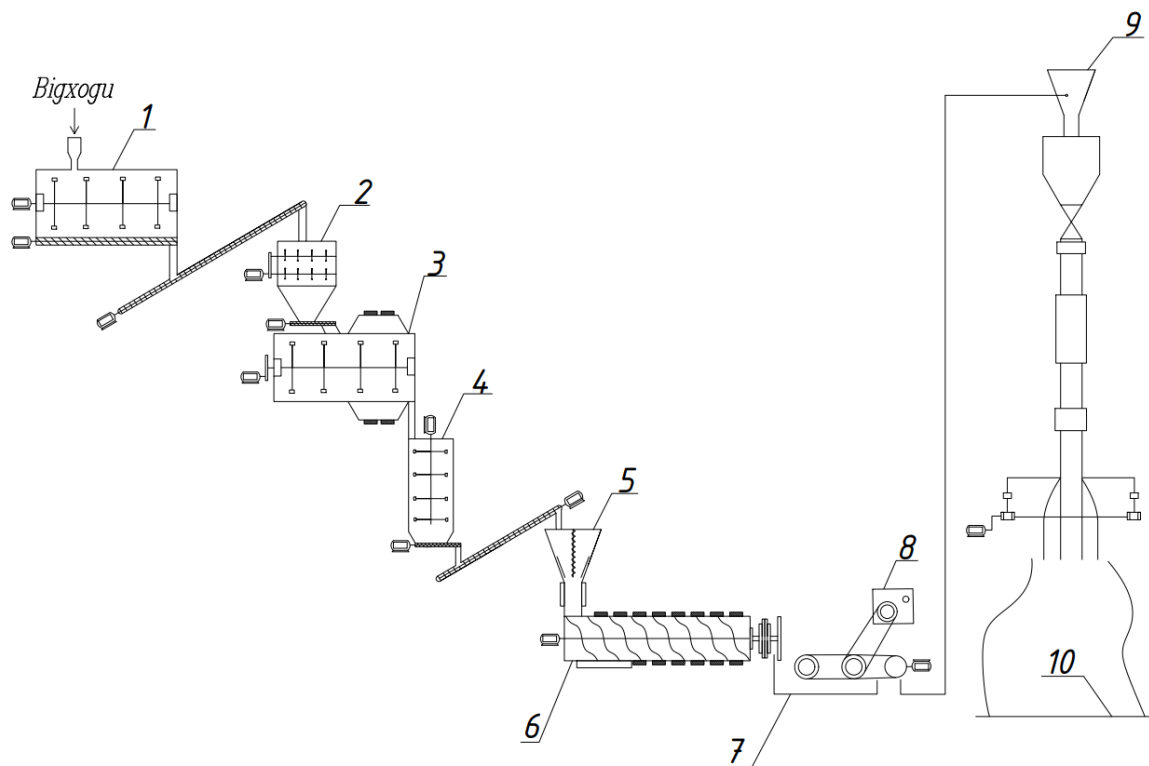


Рис. 1.1 - Технологічна схема отримання грануляту з відходів ПЕТ

1 – ємність запасу; 2 – ворошитель; 3 – кристалізатор; 4 – сушарка; 5 – воронка завантажувальна; 6 – екструдер; 7 – ливарна ванна; 8 – гранулятор; 9 – бункер готової продукції; 10 – контейнер

Полімерні відходи надходять в дробильну камеру, усередині якої обертається ротор, на якому закріплені кілька масивних поперечних ножів. Подрібнений матеріал пневмотранспортом завантажуються в ємність запасу 1. Матеріали перемішуються і безперервно шнеком похилій подачі, встановленим під кутом  $45^\circ$  в закритій шахті, транспортуються в ворошитель 2, який представляє собою закритий бункер, оснащений двома валами перемішування. Пил ПЕТ, що утворюється при дробленні відходів, транспортуванні і завантаженні матеріалів, відділяється в циклоні. Гідравлічна передача ворошителя запобігає зависання матеріалу, з її допомогою також можна проводити ущільнення матеріалу з низькою насипною масою.

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

З ворошителя матеріал подається в кристалізатор 3. Кристалізатор - горизонтальний реактор з «сорочкою» для органічного теплоносія, призначений для формування кристалічної структури в полімері під впливом температури. Оснащений мішалкою з лопатями.

Безперервно вивантажуваний з кристалізатора матеріал за допомогою шнека похилій подачі надходить у вертикальну сушилку 4. Матеріал подається в верхню частину сушарки, активно переміщується за допомогою мішалки, оснащеної лопатями. Нижня частина сушарки з повітророзподільними кришками служить для сушіння матеріалу контактним способом. Сушильний агент - повітря, нагрітий до температури 130-140°C - подається в нижню частину сушарки. Повітря для сушки всмоктується з приміщення через фільтр, подається в газодувками через калорифер.

Висушений матеріал, вигружений шнеком, безперервно надходить в ущільнювальну воронку 5, змонтовану над екструдером 6. Відпрацьоване повітря з температурою не більше 90°C виходить з верхньої частини сушарки через випускний патрубков і повторно направляється в кристалізатор 3. Вертикально встановлений у воронці шнек спеціальної конструкції ущільнює подрібнений полімер низькою насипної маси, щоб забезпечити продуктивність гранулятора, і транспортує його в завантажувальну зону гранулятора.

Перемішування, плавлення і гомогенізація полімерної сировини і добавок здійснюється в одношнекових електрообогреваемом екструдері. Продуктивність гранулятора залежить від складу вихідних компонентів, їх насипної маси. Для видалення низькомолекулярних продуктів, які виділяються з розплаву, в одній із зон гранулятора влаштований вентиляційний канал (купол), з'єднаний з рідинним кільцевим вакуумним насосом і ємністю.

На лінії передбачена безперервна фільтрація розплаву за допомогою автоматизованого роторного фільтра.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Тиском, створюваним шнеком гранулятора, розплав полімеру продавлюється через отвори фільтри з утворенням стренг, що надходять в литтєві ванни 7 і далі в гранулятор 8. Пройшовши вібросито, гранули вторинного ПЕТ пневмотранспортом направляються в установлений на завантажувальний пристрій 9 контейнер«біг- бег». Контейнери відвантажуються споживачам [3].

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНУЛЯТОРА

У таблиці 2.1 наведено технічні характеристики гранулятора.

Найменування	Значення
Діаметр черв'яка	0,1 м
Відношення робочої довжини черв'яка до його діаметру	25
Продуктивність гранулятора	496 кг/год
Потужність електродвигуна	50 кВт
Число обертів черв'яка	10..60 об/хв
Маса	5800 кг
Габаритні розміри:	
-довжина	4,9 м
-ширина	1450 м
-висота	2,950 м

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		8

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

Розглянемо на рис.3.1 конструкцію черв'ячного пресу та розберемо основні його складові частини.

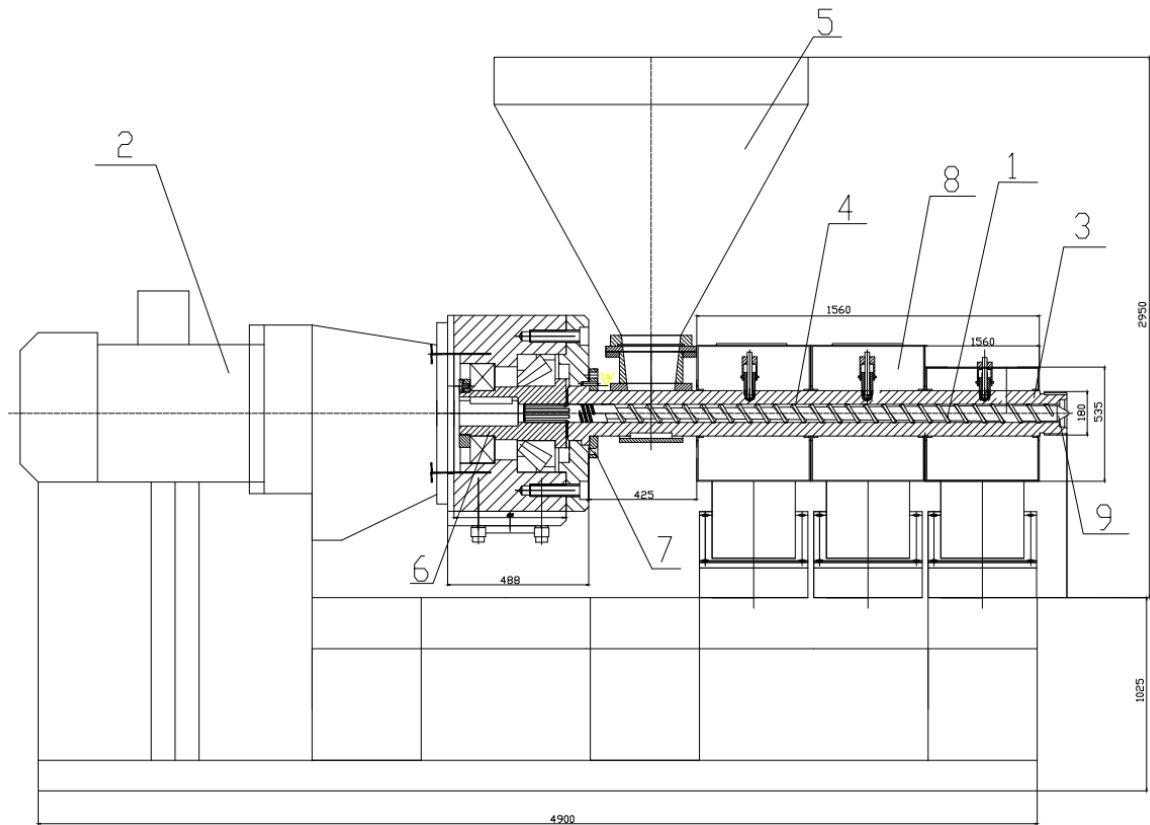


Рис.3.1 Загальний вигляд черв'ячного пресу

1 – черв'як; 2 –редуктор; 3 - корпус; 4 – циліндр ; 5 – бункер ;6 – втулка ;  
7-кришка, 8-нагрівач,9-формуюча головка

Черв'ячний прес складається з черв'яка -1, редуктора -2, корпуса - 3,циліндра -4, бункера – 5, втулки -6 , кришки -7, нагрівача – 8, формуючої головки - 9

Сам технологічний процес виготовлення гранул за допомогою даного обладнання є досить легким. Основна сировина, подається в спеціальний завантажувальний бункер конусоподібної форми 5. Так сировина ретельно переміщується. Варто зазначити, що оскільки дане обладнання працює в автоматичному режимі, то і подача вихідної сировини відбувається в режимі,

призначеному оператором. Сировина подається саме в тій кількості, якої вимагає конкретний процес виготовлення гранул.

За допомогою черв'яка 1, який приводиться в рух електродвигуном через редуктор 2, полімерний матеріал переміщується в циліндричну зону 4 черв'ячного пресу. Корпус гранулятора можна умовно поділити на 3 зони. 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 9 і приймає потрібну форму. Нагрівання циліндра гранулятора здійснюється нагрівачами 8, які розміщуються зовні і щільно охоплюють всю поверхню[4].

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД З МЕТОЮ ВИБОРУ МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОРМУЮЧОЇ ГОЛОВКИ ГРАНУЛЯТОРА

В промисловості виготовлення полімерних виробів широко використовуються гранулюючі машини. Існує гаряча та холодна грануляція. Використовуються в будівельній, харчовій, сільськогосподарській та хімічній промисловості .

Виконано аналіз літературних джерел [1-4] щодо конструкції і принципу роботи гранулятора, його переваг і недоліків. Основною перевагою грануляторів є велика продуктивність та швидкість отримання готової продукції – гранул. Із недоліків можна зазначити те, що гранули отримуються різних розмірів .

Метою практики було обрання варіанту модернізації головки гранулятора з метою вдосконалення роботи гранулюючої машини. Для цього проведено літературно-патентний пошук та знайдено 4 патента. Розглянемо їх детальніше.

В патентному джерелі [5] запропоновано конструкцію екструзійної головки, що належить до екструзійного обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, у тому числі й композиційних, і може бути використана для виготовлення безперервних погонних матеріалів.

Наведена конструкція має той недолік, що внаслідок високої в'язкості полімерних розплавів та їх тертя з поверхнями каналу виникають значні гідравлічні опори, які призводять до високої енергоємності процесу формування.

Недолік вирішується тим,що в екструзійній головці утворюють канал для протікання розплаву,який з'єднує зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву.

Екструзійна головка містить корпус 1 з внутрішніми поверхнями 2, які утворюють канал для протікання розплаву 3, причому в корпусі 1 додатково виконано принаймні один канал 4, що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву 3.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Розглянемо запропановану екструзійну головку гранулятора на рис. 4.1[4].

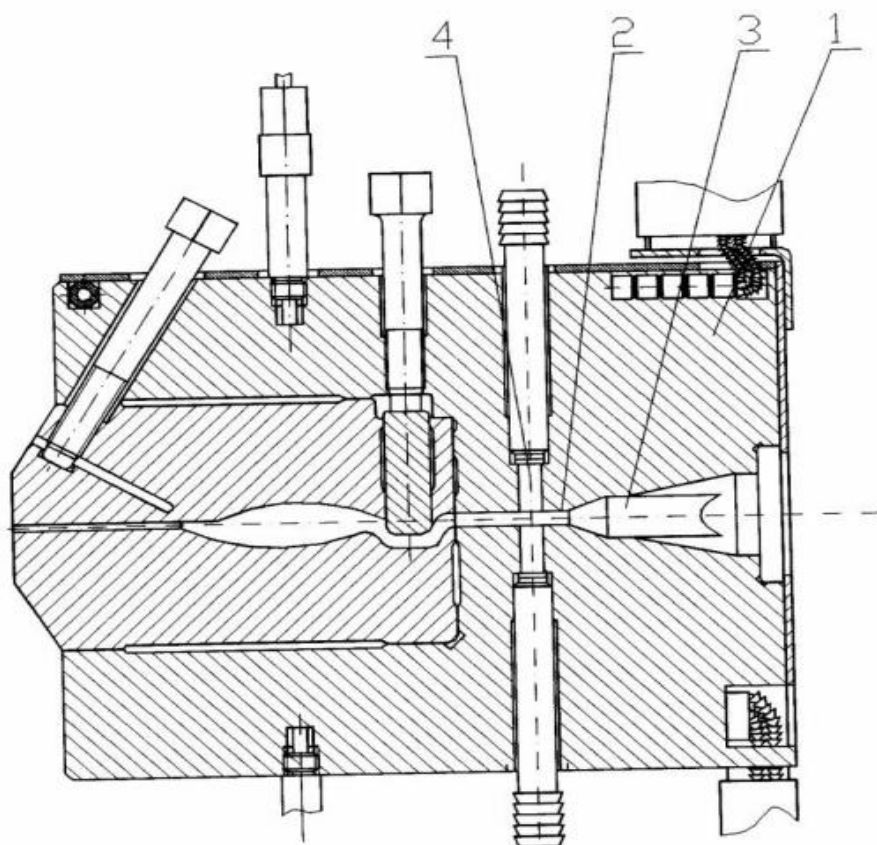


Рис. 4.1 – Екструзійна головка

Таким чином, використання описаної конструкції екструзійної головки дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби кращої якості та зменшити енергетичні витрати на їх виробництво.

Технічний результат полягає в наступному: завдяки наявності додаткових каналів на поверхню каналу для протікання розплаву можна подавати домішки, що зменшують тертя між розплавом та внутрішньою поверхнею корпусу. Це сприяє зменшенню гідравлічного опору головки і енергетичних витрат на продавлювання розплаву крізь неї, запобігає утворенню застійних зон, нагару на поверхнях каналу та виникненню дефектів на поверхні виробів.

Конструкція екструзійної головки, зазначена у джерелі [6] відноситься до області переробки термопластичних полімерів та композицій на їх основі, зокрема, до екструзійного обладнання.

В основу поставлена задача вдосконалення кільцевої екструзійної головки шляхом інтенсифікації деформації та злиття ліній зварення потоків розплаву, що забезпечує зменшення габаритів головки та підвищення якості полімерних виробів. Поставлена задача вирішується тим, що в кільцевій екструзійній головці, що містить корпус та дорн, встановлений на дорнотримачі, утворюючи канал для протікання розплаву з вихідною ділянкою, новим є те, що між дорнотримачем та вихідною ділянкою каналу встановлені з можливістю колового руху тіла обертання. Тіла обертання можуть бути об'єднані сепаратором, який пов'язаний з лопатями. Лопаті можуть бути встановлені на сепараторі в проміжках між тілами обертання. Лопаті можуть бути встановлені на сепараторі перед тілами обертання. Лопаті можуть бути встановлені на сепараторі поза тілами обертання. Тіла обертання можуть містити наскрізні отвори.

Розглянемо запропоновану удосконалену екструзійну головку гранулятора на рис. 4.2 та розріз екструзійної головки на рис. 4.3 [5].

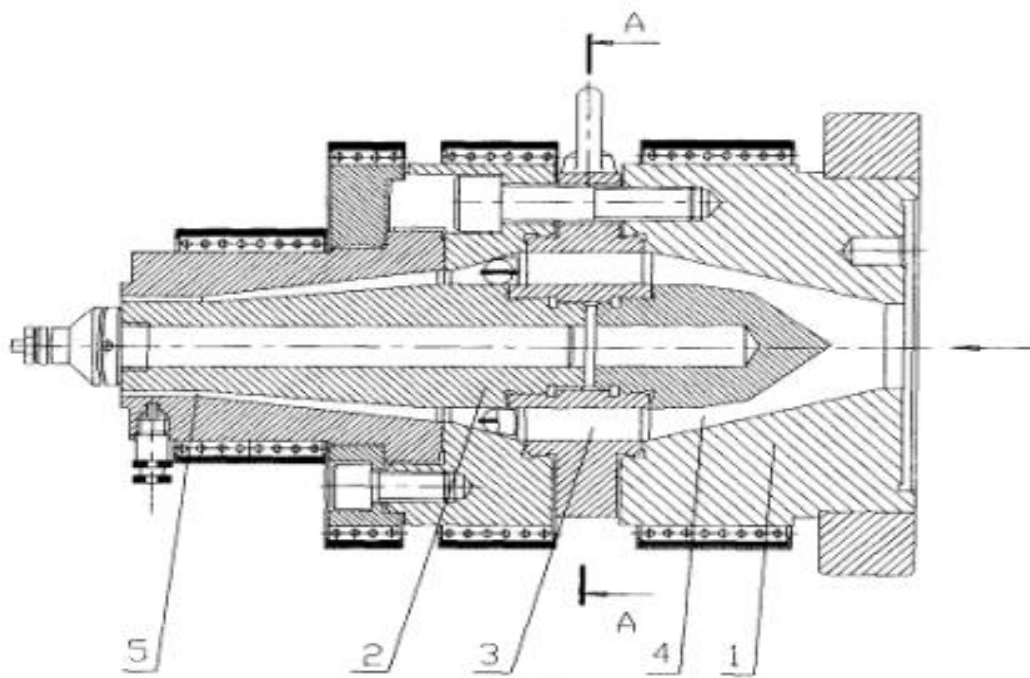


Рис. 4.2 – Удосконалена екструзійна головка



При цьому лінії зварення потоків, що з'єдналися після проходження дорнотримача 3, деформуються в коловому напрямку і розмиваються.

Таким чином, використання описаної удосконаленої екструзійної головки гранулятора дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби без наявності ліній зварення, зменшивши при цьому габарити екструзійної головки.

Запропонована конструкція удосконалення екструзійної головки на основі прототипу [7], що належить до переробки полімерних матеріалів. Зазвичай недоліком відомих екструзійних головок є нерівномірний розподіл розплаву по периметру формуючої щілини, а також низька якість одержуваних виробів, наявність застійних зон і невисока якість одержуваних виробів.

В основу удосконалення конструкції екструзійної головки поставлено задачу підвищення якості виробів за рахунок зниження анізотропних властивостей і усунення застійних зон. Вказана задача вирішується тим, що розподільник розплаву виконаний у вигляді втулки з радіальними отворами, що встановлена із зазором між корпусом і дорном.

На рис. 4.4 розглянемо удосконалену екструзійну головку гранулятора запропановану в джерелі [6].

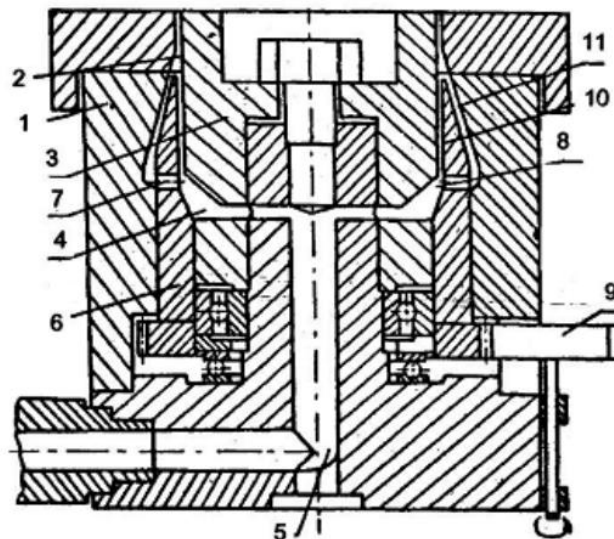


Рис. 4.4 - Екструзійна головка з розподільником розплаву у вигляді втулки з радіальними отворами, що встановлена із зазором між корпусом і дорном

Екструзійна головка містить корпус 1, який утворює з ним кільцевий формуючий зазор 2, дорн 3 з колектором 4, зв'язаний з каналом 5 для підведення розплаву, втулку 6 з радіальними отворами 7, що з'єднують колектор 4 дорна 3 з колектором 8 корпусу 1. Втулка 6 встановлена з можливістю обертання через зубчасту пару 9 і утворює кільцевий канал 10 з корпусом 1, а також кільцевий канал 11 з дорном 3. Поверхні втулки, що утворюють кільцеві канали 10 і 11, можуть бути виконані конічними, що сходяться у бік екструзії. Пристрій працює наступним чином. Розплав через канал 5 подається в колектор 4 дорна 3, звідки основна його частина проходить через радіальні отвори 7 у втулці 6 у колектор 8, де рівномірно розподіляється за допомогою обертання втулки 6 і подається через канал 11 в формуючий зазор 2. Проходження розплаву через радіальні отвори 7 у втулці 6, що обертається, сприяє його рівномірному розподілу. У свою чергу, обертання втулки 6 усуває утворення застійних зон, сприяє гомогенізації і створює додаткову деформацію зсуву, яка перешкоджає поздовжній орієнтації розплаву в головці.

Все це знижує анізотропні властивості і підвищує якість готових виробів, а також знижує опір у головці. Частина розплаву з колектора 4 дорна 3 подається безпосередньо в кільцевий канал 10, звідки суцільним потоком надходить у кільцевий формуючий зазор 2, де з'єднується з першим потоком, що надходить з кільцевого каналу 11.

Технічний результат полягає : поєднання двох потоків у формуючому зазорі дозволяє одержувати виріб з підвищеними фізико-механічними показниками, що властиві двошаровим виробам. Екструзійна головка дозволяє підвищити якість одержуваних виробів і усунути застійні зони.

Розглянемо конструкцію екструзійної головки на за джерелом [8], що належить до області переробки термопластичних полімерів та композицій на їх основі, зокрема, до екструзійного обладнання. Вона може бути використана у технологічних лініях по виготовленню екструдованих полімерних виробів.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Відомі різноманітні варіанти конструктивного виконання екструзійних головок. Недоліком відомих конструкцій є те, що в разі виникнення пульсацій або високоеластичної турбуленції розплаву в екструдованих виробках виникають дефекти поверхні (так звана "акуляча шкіра" та ін.), наявність яких псує зовнішній вигляд виробів та підвищує ймовірність браку.

В основу удосконалення поставлена задача вдосконалення екструзійної головки шляхом встановлення демпфуючого та пружного елементів з можливістю поглинання пульсацій розплаву та зміни площі поперечного перерізу 15 каналу, по якому рухається розплав. Поставлена задача вирішується тим, що в екструзійній головці, що містить корпус, матрицю та дорн, встановлений на дорнотримачі, утворюючи канал для протікання розплаву, новим є те, що матриця з'єднана з корпусом за допомогою принаймні одного пружного та принаймні одного демпфуючого елементів з можливістю зворотно-поступального руху. 20 Перераховані вище ознаки складають сутність корисної моделі.

Розглянемо запропоновану екструзійну головку гранулятора на рис. 4.5[8].

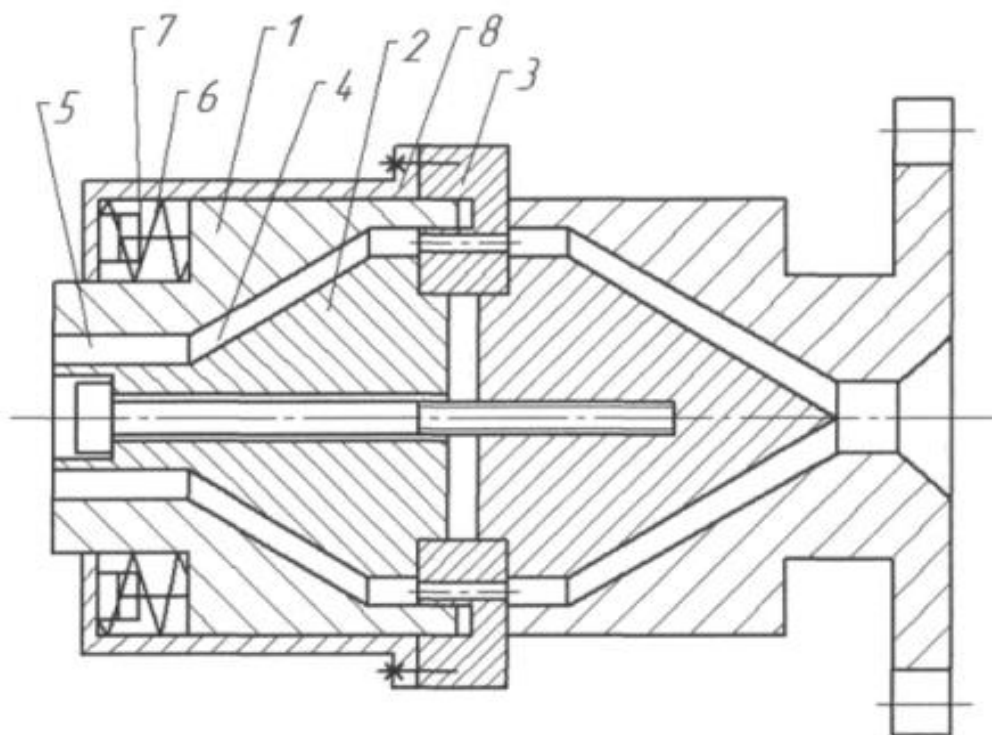


Рис. 4.5 Екструзійна головка з встановлення демпфуючим та пружних елементів з можливістю поглинання пульсацій розплаву

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

При проходженні розплаву з в'язкопружними властивостями в каналі між дорном та матрицею виникає змінний перепад тиску, що утворює пульсуючу осьову силу, яка спричиняє 25 дефекти поверхні та періодичні зміни перерізу екструдованих профілів. За рахунок встановлення пружини і демпфера, що утворюють силу, зворотну силі пульсації, матриця може виконувати зворотно-поступальний рух, цим самим гасяться пульсації. Це сприяє збереженню якості екструдованої полімерної продукції. Корисна модель пояснюється кресленням, де на кресленні зображено приклад 30 конструкційного виконання екструзійної головки (подовжній переріз). Кільцева екструзійна головка містить матрицю 1, що формує зовнішню поверхню полімерного виробу, та дорн 2, що формує внутрішню поверхню виробу. Дорн 2 і матриця 1 закріплені в дорнотримачі 3, утворюючи канал 4 для протікання розплаву з вихідною ділянкою 5, причому матриця може рухатись зворотно-поступально вздовж осі, змінюючи переріз каналу 4. 35 На матриці 1 встановлено пружний 6 і демпфуючий 7 елементи, що передають зусилля від неї на кришку 8. Корисна модель працює таким чином. Розплав, що входить у головку, потрапляє в канал 4 між внутрішньою поверхнею матриці 1 та зовнішньою поверхнею дорна 2, утворюючи перепад тиску, що призводить до утворення 40 сили, яка переміщує матрицю 1 в осьовому напрямку. При цьому поперечний переріз каналу 4 збільшується, а тиск в ньому починає зменшуватись. Матриця 1, переміщуючись в осьовому напрямку, передає зусилля на кришку 8 через демпфер 7, який зменшує швидкість переміщення, і пружину 6, яка намагається відвести матрицю в початкове положення. Так як процес відбувається безперервно, то матриця виконує зворотно-поступальні рухи, тим самим 45 поглинаючи пульсації.

Таким чином, використання описаної удосконаленої екструзійної головки з встановленням демпфуючого та пружного елементів з можливістю поглинання пульсацій розплаву дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби без наявності дефектів поверхні, зменшивши при цьому кількість бракованої продукції.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4.1 Обґрунтування обраного варіанту модернізації формуючої головки гранулятора

В результаті літературно-патентного огляду обрано як найбільш доцільний прототип головки гранулятора за патентом [5]. Розглянемо його детальніше.

Поставлена задача вирішується тим, що в екструзійній головці, що містить корпус з внутрішніми поверхнями, які утворюють канал для протікання розплаву, новим є те, що в корпусі додатково виконано принаймні один канал, що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву.

Розглянемо модернізовану екструзійну головку гранулятора на рис. 4.1[4].

Екструзійна головка містить корпус 1 з внутрішніми поверхнями 2, які утворюють канал для протікання розплаву 3, причому в корпусі 1 додатково виконано принаймні один канал 4, що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву 3. Корисна модель працює таким чином. Розплав, що входить у головку, потрапляє в канал для протікання розплаву 3, утворений внутрішніми поверхнями 2 корпусу 1. При контакті розплаву з внутрішніми поверхнями 2 на нього діють сили тертя, що створюють спротив течії. Через канал (канали) 4 на внутрішні поверхні 2 ззовні подаються змащувальні домішки, які знижують тертя з розплавом, що сприяє зменшенню гідравлічного опору та покращенню якості поверхні полімерного виробу.

Таким чином, використання описаної конструкції екструзійної головки дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби кращої якості .

Технічний результат полягає в наступному: завдяки наявності додаткових каналів, на поверхню каналу для протікання розплаву можна подавати домішки, що зменшують тертя між розплавом та внутрішньою поверхнею корпусу. Це запобігає утворенню застійних зон, нагару на поверхнях каналу та виникненню дефектів на поверхні виробів.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Відповідно до Закону України "Про безпеку та гігієну праці" машин, приладів, механізмів та обладнання важливо створити безпечне середовище для обслуговуючого персоналу. [9]

Для безпечної роботи обслуговуючого персоналу, що працює на лінії ознайомити з його структурою та принципами роботи, знати правила техніки безпеки, протипожежні норми та технологічні правила експлуатації електроустановок споживачів. Інструкції з техніки безпеки слід розміщувати збоку на стінці плакат, що показує робоче місце та способи безпечного виконання роботи. Важливо дотримуватися правил безпеки, щоб зменшити ризик отримання травм при роботі.

Технічне завдання дипломного проекту «Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки». Встановлення параметрів технологічного процесу та управління роботою здійснює оператор лінії.

В данному розділі дипломного проекту аналізуються умови праці робітника у виробничому приміщенні  $S=150\text{м}^2$  і  $V=450\text{м}^3$  виготовлення вторинного грануляту з відходів ПЕТ.

В продовж роботи лінії найбільш ймовірні такі шкідливі та небезпечні фактори:

- Повітря робочої зони;
- Пожежна безпека;
- Шум та вібрація;
- Промислове освітлення;
- Електробезпека.

Розглянемо детальніше всі шкідливі та небезпечні фактори.

### **Повітря робочої зони**

Робота оператора по обслуговуванню лінії відноситься до категорії легких робіт за ГОСТ 12.1.005-88. Енергозатрати людини в цеху досягає 145 ккал/г. Робота оператора підлягає під категорію 1б – легка фізична робота, так

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

як до категорії 1б відносяться роботи, які виконуються в положенні сидячи та стоячи або зв'язані з ходінням і супроводжуються незначними фізичними навантаженнями.

Фактичні параметри умов відповідають нормам і забезпечуються наступними заходами:

Таблиця 5.1- Фактичні параметри умов, які відповідають нормам та заходам

Період року	Категорія робіт	Категорія роботи - легка					
		Температура, °С		Відносна вологість %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична
Холодний або перехідний	1	19-23	21-24	40-60	30-50	0,1	0,2
	б						
Теплий	1	22-25	23-26	40-60	30-50	0,1	0,2
	б						

У холодну пору року приміщення обігрівають батареями з теплоносіями, нагрітими до температури 55-65 °С. У теплу пору року - провітрювання через верхні отвори.

У таблиці 5.1 можна бачити, що фактичні параметри повітря робочої зони не перебільшують нормативні. Технологічна лінія обладнана системами блокувань, що забезпечує її безаварійну та безперервну роботу. При роботі лінії можливе виділення парів складових ПЕТ матеріалу, тому приміщення обладнано місцевими відсмоктувачами. Приток повітря приводиться в робочу зону лінії, де розташовано три зони нагріву, виконано екранування та ізоляція зон обігріву від навколишнього середовища двошаровим металевим кожухом з повітряним прошарком, зменшенню випромінювання також впливає система охолодження, яка є елементом системи термостабілізації ДСН 3.3.6.042- 99. [10]

## Пожежна безпека

Відповідно до НАПБ Б.07.005-86 категорія приміщення В. Лінія призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П-Па по ПУЄ. Стійкість будівлі по СНІП 2.09.02-85 відповідає ступеню вогнестійкості ІІІ. Пожежна характеристика будівельних конструкцій приведені у таблиці 5.3[11]

При роботі гранулятора використовуються горючі змащувальні матеріали, також для переробки ПЕТ здійснюється при досить високій температурі  $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Тому можливими причинами пожежі можуть бути:

- Порушення технологічного режиму;
- Несправність електрообладнання;
- Куріння в невстановлених місцях;
- Недотримання експлуатаційних вимог технологічного обладнання;
- Недотримання персоналом правил технології переробки полімерів;
- Струм короткого замикання;

Табл.5.3 - Пожежна характеристика основних будівельних конструкцій

№	Основні будівельні конструкції	Межа вогнестійкості, ч
1	Несучі стіни, колони	2
2	Внутрішні стіни, перегородки	2
3	Несучі конструкції міжповерхневих покриттів	0,75

При займанні автоматики, потрібно першим ділом вимкнути систему електроживлення, після можна гасити пожежу. Якщо вимкнути неможливо, то електрообладнання можна гасити лише вуглекислотними, порошковими та хладоновими вогнегасниками. У робочому приміщенні обладнано модулі автоматичного порошкового

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

пожежогасіння САМ-9 6×24 м<sup>2</sup>, теплові сповіщувачі, які вмикаються при підвищенні температури вище заданої межі  $T = 75$  °С.

Засобами захисту статичної електрики є заземлення.

Первинним засобом гасіння пожежі є:

- вуглекисневі вогнегасники ОУ-3 - 5 шт;
- ящики з піском - 6 шт;

Відповідно до СНІП 2.09.02-85 в приміщенні знаходяться два евакуаційні виходи. Ширина дороги евакуації повинна бути не меншою за один метр, а дверей на шляху евакуації – не менше ніж 0,8 м

Протипожежна безпека приміщення для переробки полімерних матеріалів відповідає вимогам СНІП 2.09.02-85.

### **Шум та вібрація**

При роботі у приміщенні для переробки ПЕТ матеріалів спостерігається постійний шум при роботі: черв'яка, електродвигуна, редуктора, вентиляторів. Шум у приміщенні досягає 75 дБА. Зниження шуму досягається шляхом шумопоглинання. Для зниження шуму елементів, що обертаються, необхідно стежити за рівнем мастила в підшипникових вузлах.

Заходи забезпечення зниження рівня шуму на робочих місцях проводиться за рахунок :

- Обладнання екранів ( $\Delta L = 9$  дБА)
- Змащування всіх поверхонь, що труться ( $\Delta L = 6$  дБА);
- Використання захисних матеріалів ( $\Delta L = 8$  дБА);

З урахуванням зазначених заходів фактичний рівень шуму, що впливає на персонал протягом робочої зміни, не буде перевищувати допустимого  $L = 60$  дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99 . [12]

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Промислове освітлення

Для приміщення висотою 3 м, де знаходиться лінія переробки ПЕТ матеріалів передбачено природне (освітлення приміщень світлом неба) та штучне освітлення.

Природне освітлення використовується бокове, а для штучного освітлення приміщень підприємство застосовується газорозрядні лампи або лампи розжарювання.

Для освітлення штучним шляхом підходять ДРЛ 400, у яких діаметр: 395 мм; висота: 552 мм. Потужність цих світильників - 250Вт; кількість - 10 штук; світловий потік:  $\Phi=19000$  Лм; Ефакт=300лк. Вони мають бути розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, безпечність, зручність обслуговування і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності.

Світильники мають розташовуватись таким чином, щоб світло рівномірно розходилося на всі куточки приміщення, була безпечність та зручність виконання роботи. Дане освітлення відповідає вимогам ДБН В2.5-28:2018 [13]

## Електробезпека

За класифікацією приміщень та ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення, де знаходиться лінія для переробки ПЕТ матеріалів відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою.

Для роботи лінії використовується напруга 220/380 В з частотою 50 Гц, тому застосовуємо трифазну трипроводну мережу з ізольованою нейтраллю. Мережа з ізольованою нейтраллю в ізольованому режимі набагато безпечнішою при торканні до фазового дроту.

1. Щоб досягти неможливості дотику або небезпечного наближення до дротів застосовують їх недосяжність за допомогою розташування на великій висоті - 3 м.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2. Позначення на електричних частинах яскравою кольоровою фарбою дротів:

- 1) Фаза А – жовтим;
- 2) Фаза В – зеленим;
- 3) ФазаС – червоний,
- 4) Нульовий– жовтий із зеленими полосами.

3. Запобігання від статичного електричного струму. Для безпечної роботи з електроустаткуванням дроти вложені в труби та заховані під підлогу, рубильники заховані у спеціальних шафах.

Для захисту від критичних ситуацій, пов'язаних з електронезбезпекою, машина має пульт та автоматичне вимкнення живлення всіх електропристроїв. Оператор стоїть на окремій ізолюючій ділянці поверхні.

Можна зробити висновок,що приміщення підходить для роботи з полмерними матеріалами . Виконано усі вимоги та дотримання норми безпеки.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ВИСНОВКИ

В результаті модернізації гранулятора, а саме додавання двох каналів в екструзійну головку гранулятора, підвищується якість вихідного матеріалу(гранул), що зменшує матеріаловитратність та кількість браку матеріалу. За рахунок додавання різних домішок через канали, можливе збільшення варіативності вихідних гранул та підвищення їх якості .

При додаванні змащувальних домішків зменшується гідравлічний опір матеріалу при проходженні через екструзійну головку гранулятора .

Висновки: дана модернізація головки гранулятора дозволяє підвищити якість вихідного полімерного гранульованого матеріалу, збільшити асортимент вихідного матеріалу за рахунок додавання різних домішок.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВИСНОВКИ

У пояснювальній записці бакалаврського дипломного проекту метою було виконати модернізацію екструзійної головки гранулятора.

Представлено призначення, опис конструкції і принцип дії гранулятора, а також його переваги та недоліки.

Виконано літературно-патентний пошук з метою вибору варіанту модернізації екструзійної головки гранулятора.

В результаті пошуку обрана модернізація конструкції екструзійної головки на основі прототипу [4]. Модернізована екструзійна головка включає в себе 2 додаткових канали, які з'єднують зовнішню поверхню з каналом протікання розплаву матеріалу. Завдяки наявності двох додаткових каналів можна подавати домішки, що зменшують тертя між розплавом та внутрішньою поверхнею корпусу.

Також розглянуті заходи з охорони праці та навколишнього середовища при роботі з гранулятором полімерної сировини.

Представлені механіко-економічні показники запропонованої модернізації екструзійної головки гранулятора, які полягають в тому що відбувається запобігання утворенню застійних зон, зменшення нагару на поверхнях каналу та виникнення дефектів на поверхні виробів. В результаті модернізації можна отримувати екструзійні полімерні вироби кращої якості.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

# **РОЗРАХУНКИ**

## ЗМІСТ

<b>1. РОЗРАХУНКИ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ГРАНУЛЯТОРА, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ.....</b>	<b>30</b>
<b>1.1 Параметричні, кінематичні розрахунки базової конструкції гранулятора.....</b>	<b>30</b>
<b>1.2 Теплові розрахунки базової конструкції гранулятора.....</b>	<b>33</b>
<b>1.3 Розрахунок на міцність базової конструкції гранулятора.....</b>	<b>35</b>
<b>1.4 Розрахунок витрат потужності гранулятора .....</b>	<b>44</b>
<b>2. РОЗРАХУНКИ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ГОЛОВКИ ГРАНУЛЯТОРА У СИСТЕМІ ANSYS.....</b>	<b>46</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>52</b>

					ЛП71.147246.02-70PP			
Зм..	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб..		Нікітенко			Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки	Літ..	Аркуш	Аркушів
Перев.		Казак					29	23
Н. Контр.						НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІХФ		
Затверд..		Гондляр						

# 1. РОЗРАХУНКИ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ГРАНУЛЯТОРА, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

## 1.1 Параметричні, кінематичні розрахунки базової конструкції гранулятора

### Вихідні дані:

- діаметр черв'яка .....  $D = 100$  мм
- ступінь стискування черв'яка .....  $i = 2,1$
- відношення робочої довжини черв'яка до діаметра.....  $\frac{L}{D} = 25$
- матеріал що перероблюється ..... ПЕТ

### Робоча довжина черв'яка:

$$L = \left(\frac{L}{D}\right)D,$$

$$L = 25 \cdot 0,1 = 2,5 \text{ м} = 250 \text{ см.}$$

Робоча довжина черв'яка складається з довжини зони дозування, довжини, зони плавлення та стискання та довжини зони завантаження.

### Довжина зони дозування черв'яка при $L = 2500$ мм:

$$L_H = 0,4L,$$

$$L_H = 0,4 \cdot 2,5 = 1 \text{ м} = 1000 \text{ мм}$$

### Довжина зони завантаження черв'яка:

$$L_3 = 0,25L,$$

$$L_3 = 0,25 \cdot 2,5 = 0,625 \text{ м} = 625 \text{ мм.}$$

### Довжина зони плавлення та стискання черв'яка:

$$L_C = L - L_H - L_3,$$

$$L_C = 2,5 - 1 - 0,625 = 0,875 \text{ м} = 875 \text{ мм.}$$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Визначаємо крок гвинтової лінії, якщо діаметр черв'яка  $D=0,1$  м:**

$$t = D = 100 \text{ мм}$$

**Ширина гребеня витка каналу черв'яка:**

$$e = 0,08D,$$

$$e = 0,08 \cdot 0,1 = 0,008 \text{ м} = 8 \text{ мм.}$$

**Глибина гвинтового каналу черв'яка в зоні завантаження:**

$$h_1 = 0,127D,$$

$$h_1 = 0,127 \cdot 0,1 = 0,0127 \text{ м} = 12,7 \text{ мм.}$$

**Глибина гвинтового каналу черв'яка у зоні дозування:**

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

$$h_2 = 0,5 \left[ 0,1 - \sqrt{0,1^2 - \frac{4 \cdot 0,0127}{2,1} (0,1 - 0,0127)} \right] = 0,005 \text{ м} = 5 \text{ мм.}$$

**Зазор між гребнем черв'яка і корпусом**

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

$$\delta = 0,002 \cdot D = 0,0025 \cdot 100 = 0,25 \text{ мм}$$

Таким чином, геометричні параметри черв'яка визначені.

**Розрахунок продуктивності гранулятора**

**1. Кут нахилу лінії нарізки:**

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi D} = \arctg \frac{100}{3,14 \cdot 100} = 0,126 \text{ рад.}$$

**2. Коефіцієнт прямого потоку:**

$$\alpha = \frac{\pi D h_2 (t - e) \cos^2 \varphi}{2} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 5 \cdot (103 - 8) \cdot \cos^2 (0,126)}{2} = 73 \text{ 829 мм}^3.$$

**3. Коефіцієнт зворотного потоку:**

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$\beta = \frac{h_2^3(t - e) \sin 2\varphi}{24l_d} = \frac{5^3 \cdot (100 - 8) \cdot \sin(2 \cdot 0,126)}{24 \cdot 1000} = 0,002 \cdot \text{мм}^3.$$

**4. Коефіцієнт потоку витоку:**

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \cdot \text{tg}\varphi \cdot \sin \varphi}{10e \cdot l_d} = \frac{3,14^2 \cdot 100^2 \cdot 0,1^3 \cdot \text{tg}(0,126) \cdot \sin(0,126)}{10 \cdot 8 \cdot 1000} = 0,000000006 \text{ мм}^3.$$

**5. Об'ємна секунднa продуктивність:**

$$Q = \frac{\alpha K n}{K + \beta + \gamma} = \frac{73\,829 \cdot 0,2788 \cdot 2}{0,2788 + 0,002 + 0,000000006} = 146\,606 \text{ мм}^3/\text{с}.$$

**6. Вагова продуктивність**

$$\Pi = 3600 \cdot Q \cdot \rho \cdot 10^{-9} = 3600 \cdot 146\,606 \cdot 940 \cdot 10^{-9} = 496 \text{ кг/год}.$$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

## 1.2 Тепловий розрахунок базової конструкції гранулятора

Матеріал що перероблюється - ПЕТ

Тепловий баланс екструдера визначається рівнянням:

$$E_{\text{н}} + E_{\text{ш}} = E_{\text{м}} + E_{\text{о}} + E_{\text{п}}$$

$E_{\text{н}}$  – теплова, що поступає від зовнішніх обігрівачів, кВт

$E_{\text{ш}}$  – теплота, що виділяється при роботі шнеку, кВт

$E_{\text{м}}$  – теплота, що виходить з нагрітим матеріалом, кВт

$E_{\text{о}}$  – теплота, що забирається системою охолодження, кВт

$E_{\text{п}}$  – втрати тепла в оточуюче середовище через кожух екструдера, кВт

Із рівняння теплового балансу можна розрахувати кількість теплоти, яку необхідно підвести до екструдера через систему обігріву:

$$E_{\text{н}} = E_{\text{м}} + E_{\text{о}} + E_{\text{п}} - E_{\text{ш}}$$

**Визначаємо складові рівняння балансу:**

$$E_{\text{м}} = G_{\text{м}} \times C_{\text{м}} \times (t_{\text{к}} - t_{\text{п}}) = 1.25 \times \times (473 - 323) = \text{кВт}$$

$G_{\text{м}}$  – кількість матеріалу, що переробляється, кг/с

$C_{\text{м}}$  – питома теплоємність полімеру,  $C_{\text{м}} = \text{кДж/кгК}$

$t_{\text{к}}, t_{\text{п}}$  – кінцева та початкова температура полімеру, К

$$G_{\text{м}} = \frac{Q}{3600} = \frac{4500}{3600} = 1.25 \text{ кг/с}$$

$$E_{\text{о}} = G_{\text{в}} \times C_{\text{в}} \times (t_{\text{в2}} - t_{\text{в1}}) = 19.1 \times 4200 \times (350 - 283) \\ = 5374.74 \text{ кВт}$$

де  $C_{\text{в}}$ - питома теплоємність води,  $C_{\text{в}} = 4200 \text{ кДж/кгК}$

$t_{\text{в2}}, t_{\text{в1}}$ - кінцева і початкова температури води,  $t_{\text{в2}} = 350 \text{ К}, t_{\text{в1}} = 283 \text{ К}$

$G_{\text{в}}$ - кількість води, що охолоджує шнек,  $G_{\text{в}} = 19.1 \text{ кг/с}$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33



### 1.3 Розрахунок на міцність базової конструкції гранулятора

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля ;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги ;
- обертальний момент :

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на рисунку 1.1.

Розраховуємо крутний момент:

$$I_{ед} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 80}{120} = 6366 I \cdot i$$

де  $N=80$  –потужність, яка споживається черв'яком, кВт;

$n = 120$  - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{ос} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 5,09 \cdot 10^3}{0,01} = 1,018 \text{ кН}$$

де  $D=0,01$  - зовнішній діаметр черв'яка,м;

$\phi = 16,5^\circ$ - кут підйому нарізки.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 \cdot G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 7,6}{1,1} = 677,4 \text{ Н/м}$$

$l_p=1,1$  - довжина робочої частини, м.

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3,14 \cdot 0,01^2 \cdot 7710 \cdot 1,260}{4} = 7,6$$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$I_{max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_{\delta}^2 = \frac{1}{2} \cdot 677,4 \cdot 1,89^2 = 1209 \text{ I i}$$

$W_x$ - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,01^3 \cdot (1 - 0,6^4)}{32} = 8,5 \cdot 10^{-5}$$

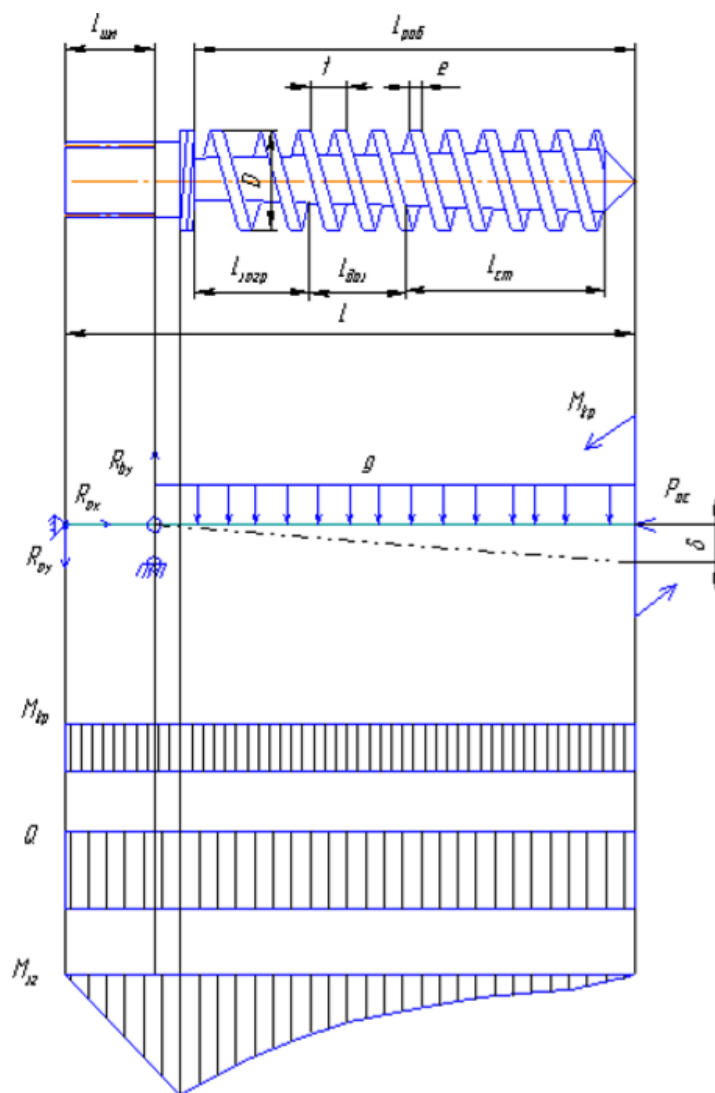


Рис.1.1 – Розрахункова схема шнека та епюри напружень

### Стискне напруження:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{22,6 \cdot 10^3}{2,7 \cdot 10^{-3}} + \frac{420,8}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 3,64 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

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

площі перерізу витків):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,06^2}{4} (1 - 0,6^2) = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0,01}{0,06} = 0,6$$

$d_0$  -діаметр осердя в зоні завантаження;

### Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{5,09 \cdot 10^3}{6,14 \cdot 10^5} = 721$$

де  $W_p$ - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^2 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,06^2 (1 - 0,6^4)}{16} = 8,2 \cdot 10^5 \text{ м}^3$$

### Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{ст} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{3,64 \cdot 10^5 + 4 \cdot (8,2 \cdot 10^5)^2} = 1442 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

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

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА для якої  $\sigma_t=880$  МПа

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,6...2:

$$n = \frac{880}{511} = 1,72$$

Умова міцності черв'яка виконується

### Розрахунок черв'яка на міцність

**Момент обертання черв'яка:**

$$M_{об} = \frac{9500 \times N}{n} = \frac{9500 \times 20}{100} = 1900 \text{ Нм}$$

$$P'_{ос} = \frac{2M_{об}}{D} \times tg \varphi = \frac{2 \times 1900}{100} \times tg(0,133) = 11,4 \times 10^3 \text{ Па}$$

$$P''_{ос} = \frac{\pi D^2}{4} \times P = \frac{\pi \times 100^2}{4} \times 22 \times 10^3 = 172,7 \times 10^3 \text{ Па}$$

Обираємо  $P$  те, яке має більше значення.  $P'_{ос} < P''_{ос}$ . Отже, приймаємо

$$P''_{ос} = 172,7 \times 10^3 \text{ Па.}$$

**Вага гвинтової частини черв'яка**

$$G = \frac{\pi \times (d - d_0)^2}{4} \times \rho \times l = \frac{\pi \times (72 - 25)^2 \times 10^{-3} \times 7800 \times 3}{4} = 2,97 \text{ кг}$$

**Осьовий момент опору:**

$$W_x = \frac{\pi \times d_1^3 \times (1 - \alpha^3)}{32} = \frac{3,14 \times 0,035^3 \times (1 - 0,35^3)}{32} = 2,6 \times 10^{-5}$$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

### Стисне напруження:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{172.7 \times 10^3}{4 \times 10^{-3}} + \frac{9.9}{2.6 \times 10^{-8}} = 424 \text{ МПа}$$

$$M_{max} = \frac{1}{2} \times q \times l_p^2 = \frac{1}{2} \times 6.6 \times (1.44)^2 = 9.9$$

$$q = \frac{9.81 \times G}{l_p} = \frac{9.81 \times 2.97}{1.44} = 6.6 \text{ Н/м}$$

### Площа небезпечного перерізу:

$$F = \frac{\pi \times d_1^2}{4} \times (1 - \alpha^2) = \frac{\pi \times 0.072^2}{4} (1 - 0.35^2) = 4 \times 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0.025}{0.072} = 0.35$$

$d_0$  – діаметр осердя в зоні завантаження

### Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{1900}{1.3 \times 10^{-6}} = 73 \text{ МПа}$$

$$W_p = \frac{\pi \times d_1^4 \times (1 - \alpha^4)}{64} = \frac{\pi \times 0.0049^4 \times (1 - 0.35^4)}{64} = 1.3 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

### Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \times \tau^2} = \sqrt{424^2 + 4 \times 73^2} = 448 \text{ МПа}$$

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

## Розрахунок корпусу гранулятора на міцність

Вихідні дані для розрахунку:

Внутрішній діаметр гільзи  $D_1=110$  мм

Зовнішній діаметр гільзи  $D_2=130$  мм

Зовнішній діаметр корпусу  $D_3=150$  мм

Межа плинності корпусу  $\sigma_{Тк} = 250$  МПа

Межа плинності гільзи  $\sigma_{Тг} = 850$  МПа

Потужність привіда  $N= 50$  МПа

Частота обертів  $n=2c^{-1}$

Тиск розплаву  $P= 22$  Мпа

ККД двигуна  $\eta=0,92$

Коефіцієнт Пуасона  $\mu=0,25$

**Розтяжне зусилля :**

$$Q = \frac{P \cdot \pi \cdot D_1}{4} = \frac{22 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,011^2}{4} = 7,05 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

**Осьова напруга, що розтягує згідно з [14]:**

$$\sigma_z = \frac{4 \cdot Q}{\pi(D_3^2 - D_2^2)} = \frac{4 \cdot 7,05 \cdot 10^4}{3,14 \cdot (0,15^2 - 0,13^2)} = 1,6 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

**Момент обертання, що діє на циліндр:**

$$M_{\text{вр}} = 162,3 \cdot \frac{N}{n} \cdot \eta = 162,3 \cdot \frac{80}{2} \cdot 0,92 = 5,9 \text{ КН} \cdot \text{м}$$

**Відношення діаметрів:**

$$\alpha = \frac{D_2}{D_3} = \frac{130}{150} = 0,8$$

**Полярний момент опору згідно з [4]:**

$$W = \frac{\pi \cdot D_3^3}{16} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,15^3}{16} (1 - 0,8^4) = 3,9 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

**Дотичні напруження при обертанні:**

$$\tau_{\text{вр}} = \frac{16 \cdot M_{\text{вр}}}{W} = \frac{16 \cdot 5,9 \cdot 10^3}{3,9 \cdot 10^3} = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

**Приведена напруга по третій теорії міцності:**

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{\sigma_z^2 + 4 \cdot \tau_{\text{вр}}^2} = \sqrt{1,3 \cdot 10^8 + 4 \cdot (2,4 \cdot 10^8)^2} = 4,8 \cdot 10^8 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

**Запас міцності:**

$$n = \frac{[\sigma_t]}{\sigma_{\text{пр}}} = \frac{50 \cdot 10^6}{4,8 \cdot 10^8} = 0,1 > [n] = 1,4$$

**Відношення діаметрів:**

$$k_1 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{110}{130} = 0,8$$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$k_2 = \frac{D_2}{D_3} = \frac{130}{150} = 0,86$$

**Контактний тиск:**

$$\begin{aligned} \sigma_k &= \left( \frac{2 \cdot P_p \cdot k_1^2}{1 - k_1^2} + \mu + \sigma_z \right) \frac{(1 - k_1^2) \cdot (1 - k_2^2)}{2 \cdot (1 - k_1^2 \cdot k_2^2)} = \\ &= \left( \frac{2 \cdot 14 \cdot 10^6 \cdot 0,8^2}{1 - 0,8^2} + 0,25 + 4,96 \cdot 10^7 \right) \frac{(1 - 0,8^2) \cdot (1 - 0,86^2)}{2 \cdot (1 - 0,8^2 \cdot 0,86^2)} \\ &= 13,2 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

**Тангенціальна напруга від дії контактної напруги:**

$$\sigma_t = \sigma_k \frac{1 + k_2^2}{1 - k_1^2} = 13,2 \cdot 10^6 \frac{1 + 0,86^2}{1 - 0,8^2} = 6,39 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

**Еквівалентна напруга внутрішньої поверхні гільзи:**

$$\sigma_r = 0$$

$$\sigma_t = -\sigma_k \frac{2}{1 - k_1^2} = -13,2 \cdot 10^6 \frac{2}{1 - 0,8^2} = 7,3 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

**Напруга від дії гідростатичного тиску розплаву на внутрішній поверхні гільзи:**

$$\sigma_{r^r} = P_p = 14 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$\sigma_{r^r} = P_p \cdot \frac{1 + k_1^2}{1 + k_2^2} = 14 \cdot 10^6 \cdot \frac{1 + 0,8^2}{1 + 0,86^2} = 12,8 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЛП71.147246.02-70PP				

**Сумарні напруги:**

$$\sigma_t^\Sigma = \sigma_t^r + \sigma_t^H = 7,3 \cdot 10^7 - 6,39 \cdot 10^7 = 1,01 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

$$\sigma_r^\Sigma = \sigma_r^r + \sigma_r^H = 50 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

**Сумарна еквівалентна напруга по енергетичній теорії міцності:**

$$\sigma_{\text{екв}} = \sigma'_{\text{екв}} + \sigma''_{\text{екв}} = \frac{\sqrt{3} \cdot P_p}{1 - k_1^2} - \frac{2 \cdot \sigma_k}{1 - k_1^2}$$

$$\sigma_{\text{екв}} = 2,39 \cdot 10^7 - 3,5 \cdot 10^7 = 1,77 \frac{\text{Н}}{\text{М}^2}$$

**Запас міцності по границі текучості:**

$$n = \frac{[\sigma_t]}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{250 \cdot 10^6}{1,77 \cdot 10^8} = 14,27 > [n]$$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

## 1.4 Розрахунок витрат потужності гранулятора

Потужність  $N$ , яку споживає екструдер витрачається на переміщення маси вздовж каналу та зріз матеріалу в зазорі між гребнем шнека та внутрішньою стороною циліндра [15].

$$N = N_1 + N_2$$

$$\begin{aligned} N_1 &= 9.8 \times 10^{-7} \left[ \frac{\pi^3(t-e)L \times J \times \eta \times n^2}{t} + A \times \Delta P n \right] \\ &= 9.8 \times 10^{-7} \left[ \frac{\pi^3(0.1-0.01)3 \times 620 \times 0.92 \times 2^2}{0.1} + 3.5 \times 3.77 \times 10^3 \times 2 \right] \\ &= 2300 \text{ кВт} \end{aligned}$$

$A$  - постійна прямого потоку,  $\text{см}^3$

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

$J$  - коефіцієнт,  $\text{см}^2$

$$A = \frac{\pi^3(t - \lambda e)\sigma}{\alpha + t^2 b} = \frac{\pi^3(0.1 - 1 \times 0.01) \times 0.9}{0.7 + 0.1^2 \times 1.1} = 3.5 \text{ см}^3$$

$$\begin{aligned} J &= \frac{\pi^2 \times D^2 - 4t}{\pi^2} + \frac{(D + d_2)^3 - (D + d_1)^3}{3(d_2 - d_1)} + \frac{2,3\pi^2 \times D^5 \ln \frac{h_1}{h_2}}{(t^2 + \pi^2 + D^2)(h_1 - h_2)} \\ &= \frac{\pi^2 \times 0.1^2 - 4 \times 0.1}{\pi^2} + \frac{(0.1 + 0.091)^3 - (0.1 + 0.07)^3}{3(0.091 - 0.07)} \\ &\quad + \frac{2,3\pi^2 \times 0.1^5 \ln \frac{15}{4.5}}{(0.1^2 + \pi^2 + 0.1^2)(15 - 4.5)} = 0.062 \text{ м}^2 = 620 \text{ см}^2 \end{aligned}$$

$d_1$  - діаметр вала шнека на початку завантажувальної зони

$$d_1 = D - 2h_1 = 100 - 2 \times 15 = 70 \text{ мм.}$$

$d_2$  - діаметр вала шнека на початку зони дозування

$$d_2 = D - 2h_2 = 100 - 2 \times 4.5 = 91 \text{ мм.}$$

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЛП71.147246.02-70PP				

### Потужність $N_2$ :

$$N_2 = 9.8 \times 10^{-7} \frac{\pi^3 \times D^3 \times e \times L \times \eta}{\delta \times t} = 9.8 \times 10^{-7} \frac{\pi^3 \times 0.1^3 \times 0.01 \times 3 \times 0.92}{0.00025 \times 0.1} \\ = 34.17 \text{ кВт}$$

### Швидкість здвигу в спіральному каналі шнека

$$\gamma_{ск} = \frac{\pi^2 (D - h_{ск})(D - 2h_{ск})n}{h_{ск} \sqrt{\pi^2 (D - h_{ск})^2 + t^2}} = \frac{\pi^2 (0.1 - 0.0805)(0.1 - 0.161) \times 2}{0.0805 \sqrt{\pi^2 (0.1 - 0.0805)^2 + 0.1^2}} \\ = -0.31 \text{ 1/с}$$

$$h_{ск} = \frac{h_1 + h_2}{2} = 0.0805 \text{ м}$$

### Швидкість зсуву в зазорі між гребнем шнека та стінкою циліндра

$$\gamma_б = \frac{\pi^2 D^2 n}{\delta \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{\pi^2 \times 0.1^2 \times 2}{0.00025 \sqrt{\pi^2 0.1^2 + 0.1^2}} = 6667 \text{ 1/с}$$

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

## 2. РОЗРАХУНКИ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ГОЛОВКИ ГРАНУЛЯТОРА У СИСТЕМІ ANSYS

Модернізована головка гранулятора зроблена з матеріалу – СТАЛЬ 45

В табл.2.1 показано основні властивості матеріалу СТАЛЬ 45.

Табл.2.1 – Таблица властивостей матеріалу Сталь 45

	Позначення	Одиниці вимірювання	Величина
Модуль Юнга	E	МПа	$2 \cdot 10^5$
Коефіцієнт Пуасона	$\mu$	-	0,3
Границя текучості	$\sigma_r$	МПа	375
Границя міцності	$\sigma_b$	МПа	600

На рис.2.1 зображена модернізована головка гранулятора, зроблена у системі САТІА.

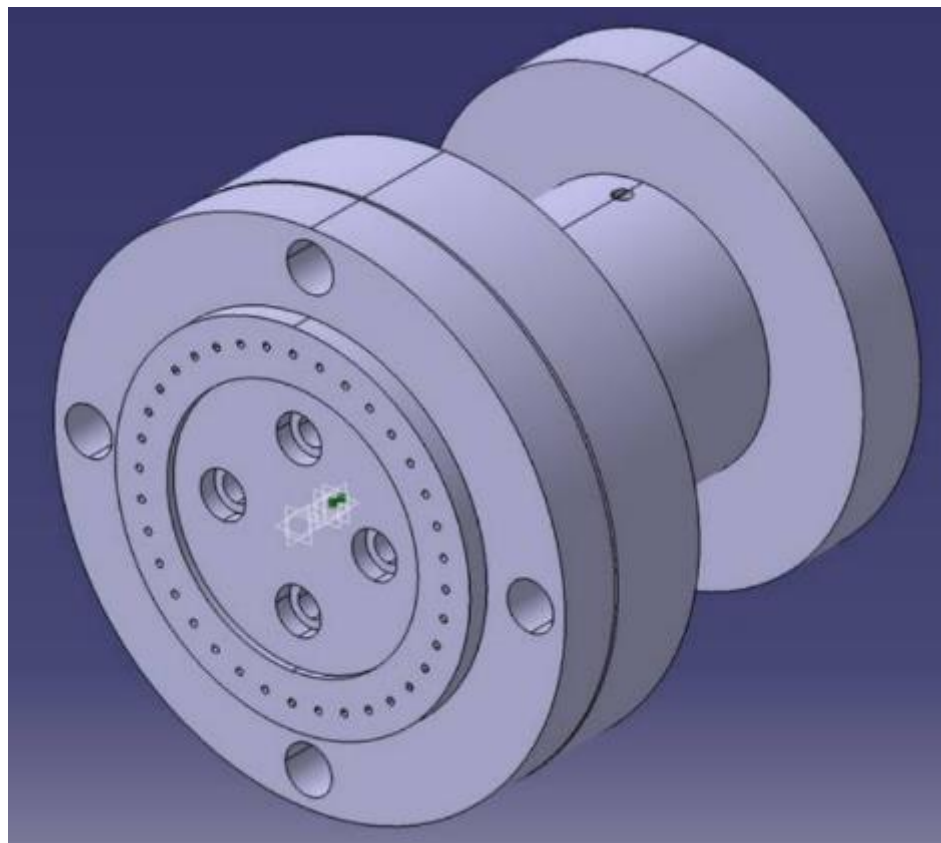


Рис. 2.1 – 3д модель модернізованої головки гранулятора



Далі задаємо температуру зовнішніх стінок – 25 °С.

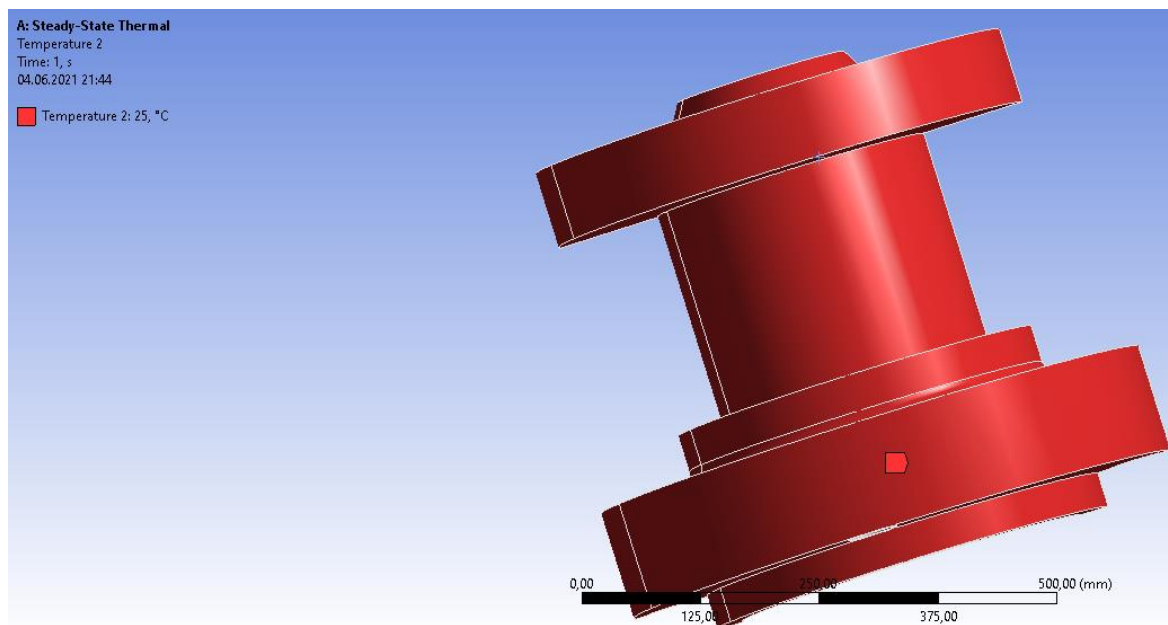


Рис.2.4 – Задана зовнішня температура стінок 25 °С

Після всіх заданих температур натискаємо команду SOLVE та отримуємо результати.

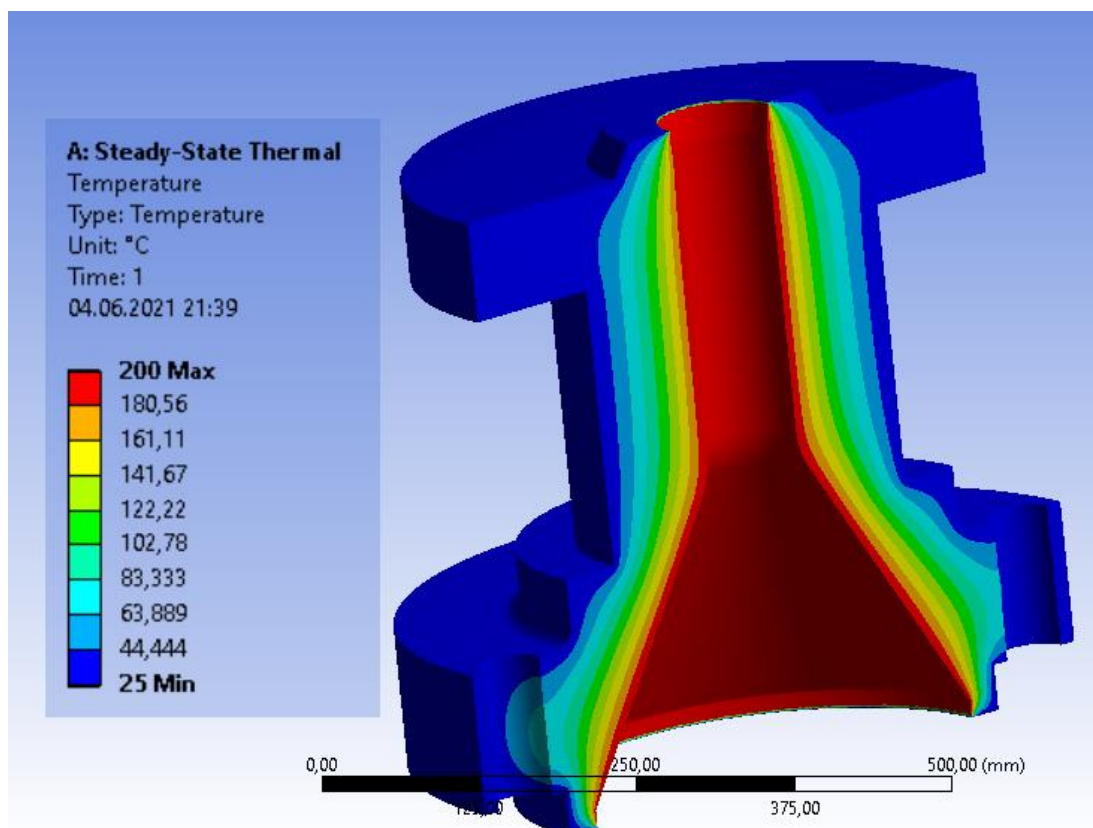


Рис.2.5 - Результати розподілу температур

Для розрахунку модернізованої головки гранулятора на міцність та деформації заходимо у системі ANSYS в Static Structural. Закріплюємо нашу деталь за допомогою команди fixed support.

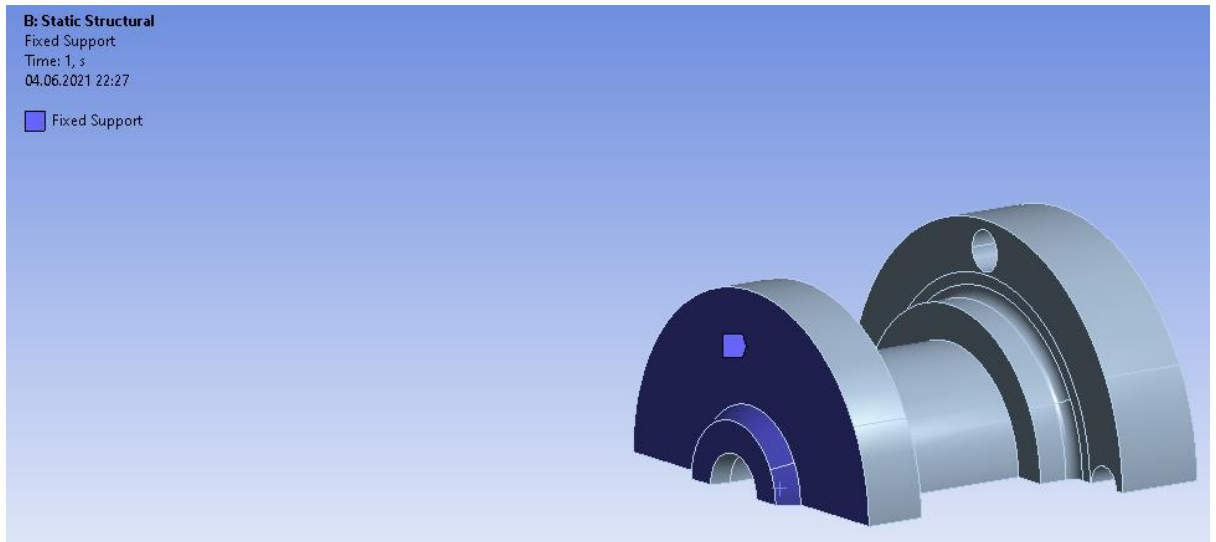


Рис.2.6. – Закріплена деталь

Задаємо робочій тиск на внутрішню поверхню головки 15 МПа.

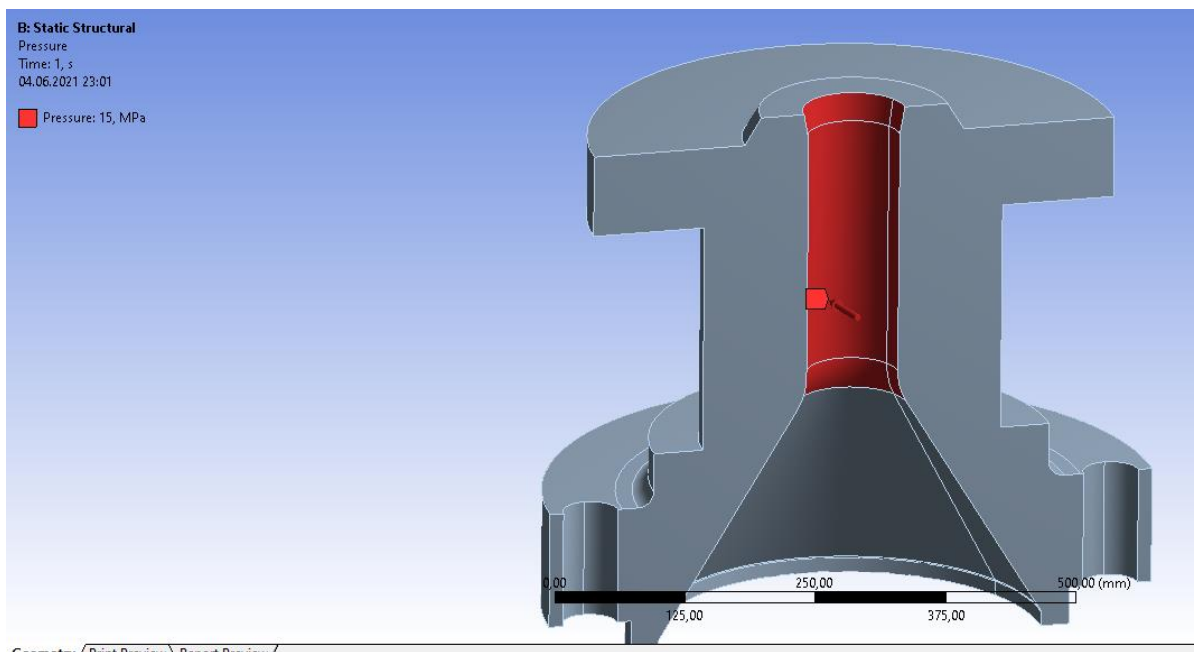


Рис.2.7 – Заданий тиск у 15 МПа

Перевіряємо нашу модернізовану головку гранулятора на total deformation та отримуємо результати.

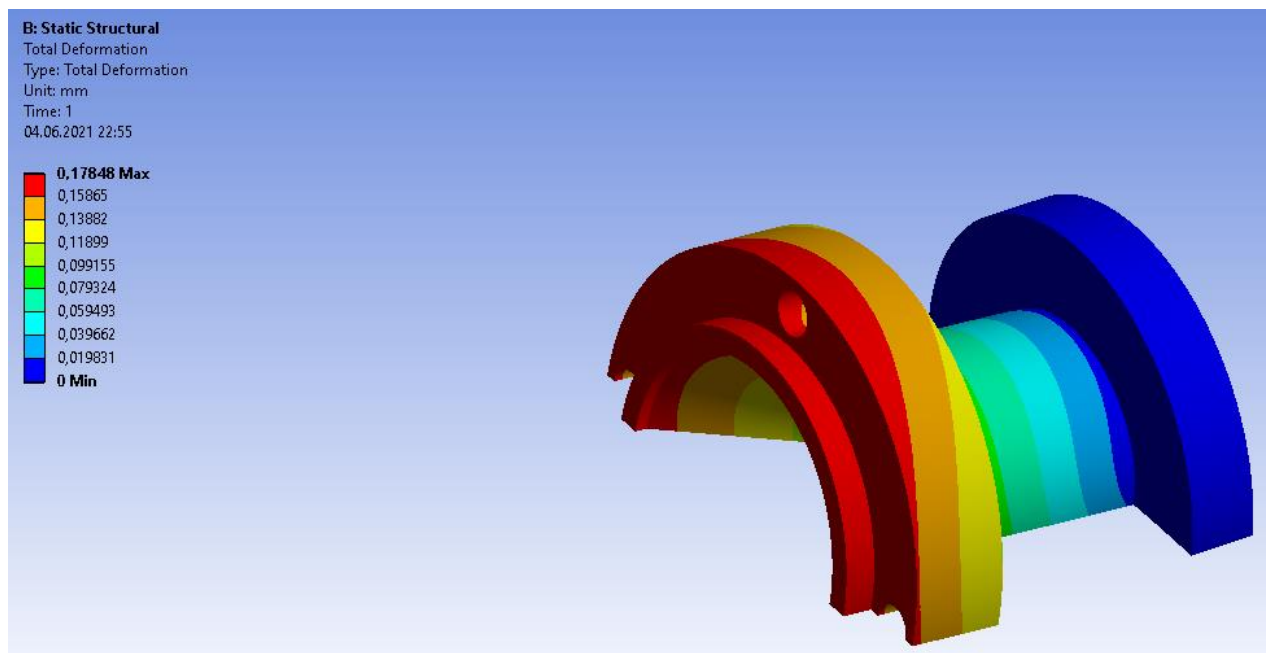


Рис.2.8 –Результати на загальні деформації

Можна бачити, що деформації не є критичними та задовольняють умовам експлуатації.

Далі перевіряємо на еквівалентні напруження нашу деталь при заданому тиску у 15 МПа.

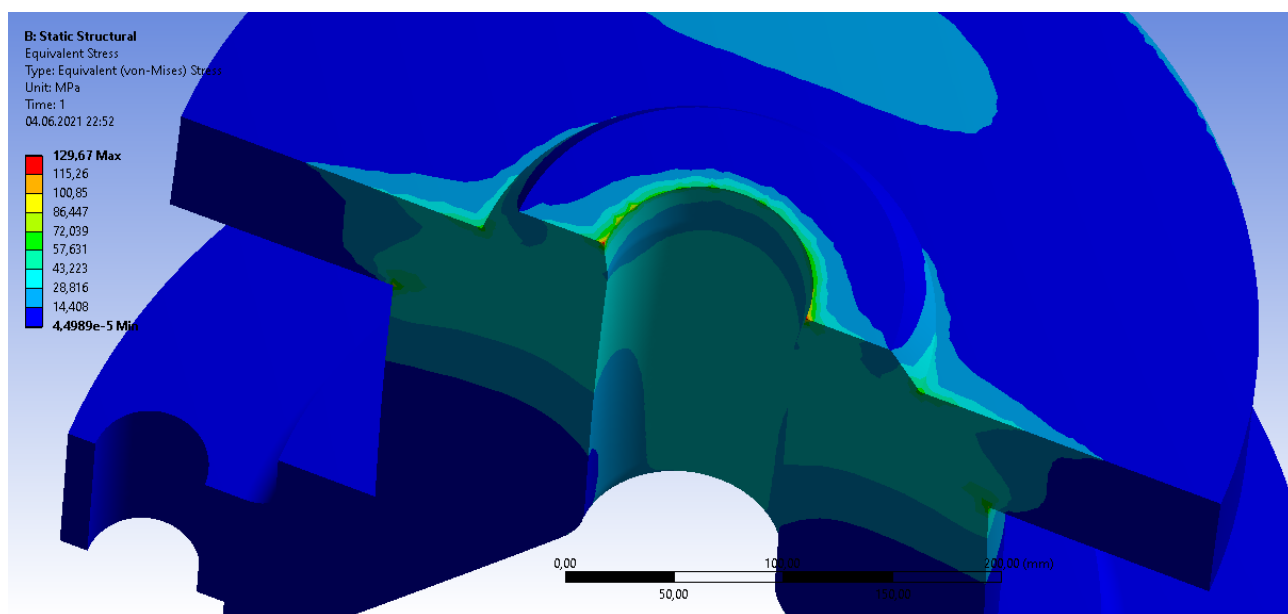


Рис.2.9 –Результати еквівалентних напружень

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Максимальний тиск у головці дорівнює 129,67 МПа, що не перевищує допустимі напруження та задовольняє умови експлуатації.

Останнім кроком буде розрахунок коефіцієнту запасу.

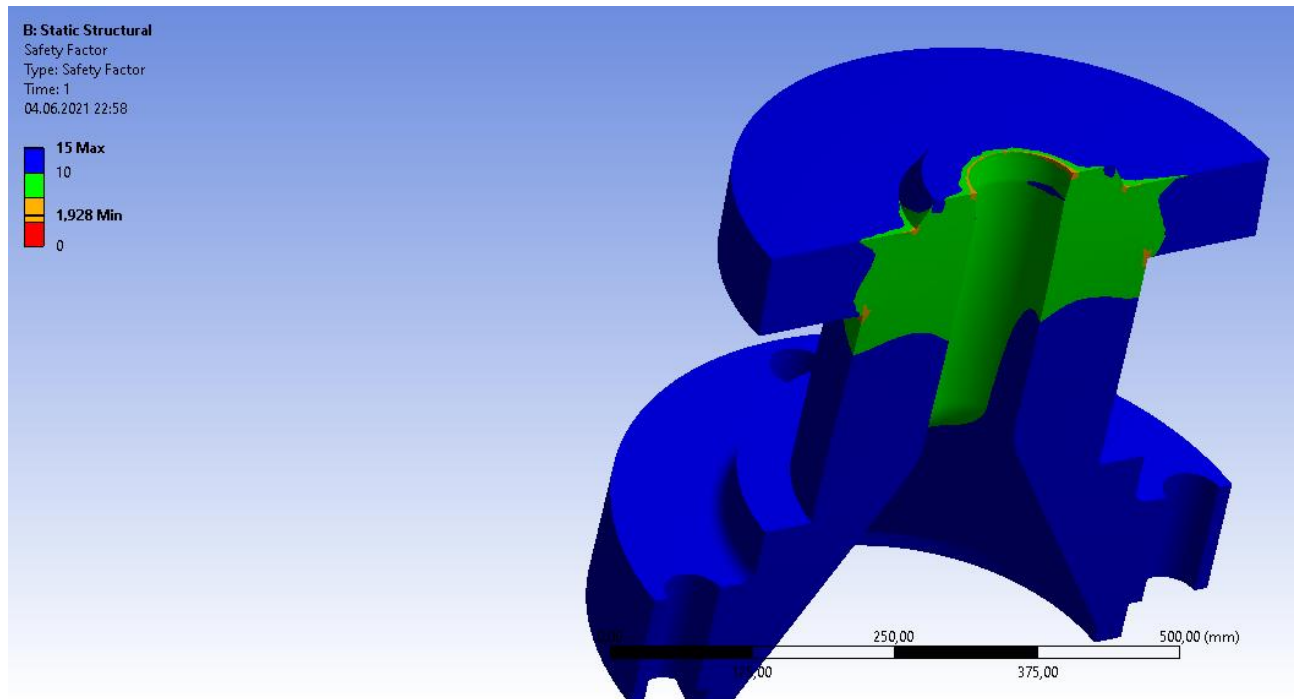


Рис.2.10 – Коефіцієнт запасу

Можна бачити, що коефіцієнт запасу також не перевищує допустимі норми та задовольняє умови експлуатації.

Результати розрахунків на міцність модернізованої головки у системі ANSYS представлені у додатку В (Рис.В.1, Рис.В.2).

## ВИСНОВКИ

Зробивши ряд розрахунків базової машини гранулятора на кінематичні, параметричні, теплові розрахунки, на міцність та розрахунки витрат потужності можна зробити висновок, що машина є повністю працездатною та відповідає нормам експлуатації і не перевищує допустимі норми навантажень.

Після проведення розрахунків модернізованої головки гранулятора на температурний режим, деформації, еквівалентні напруження та коефіцієнт запасу, можемо зробити висновок, що модернізована головка гранулятора повністю задовольняє умовам експлуатації та не перевищує допустимі норми.

					ЛП71.147246.02-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

**ТЕХНОЛОГІЯ  
МАШИНОБУДУВАННЯ**

## ЗМІСТ

<b>1 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....</b>	<b>54</b>
<b>1.1 Опис і призначення деталі.....</b>	<b>54</b>
<b>1.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....</b>	<b>55</b>
<b>1.2.1 Призначення пристосування для обробки деталі.....</b>	<b>63</b>
<b>1.2.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні.....</b>	<b>63</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>67</b>

					ЛП71.147246.03-70ТЕ						
Зм..	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки			Літ..	Аркуш	Аркушів	
Розроб..	Нікітенко									54	13
Перев.	Казак										
Н. Контр.											
Затверд..	Гондляр									НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІХФ	



- вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі "Кришка" відповідають вимогам, які пред'явлені до шорсткості цих поверхонь.

Деталь виготовляється зі сталі Ст45 (ГОСТ 1050-88). Заготовку для виготовлення деталі (Рис. 1.2) отримуємо методом об'ємної штамповки. Конфігурація штамповки достатньо проста і забезпечує легке отримання заготовки; клас точності і формувальні уклони відповідають вимогам стандартів; залишки облоїв і додатків можна сумістити з припуском на обробку; відходи металу при механічній обробці будуть мінімальні.

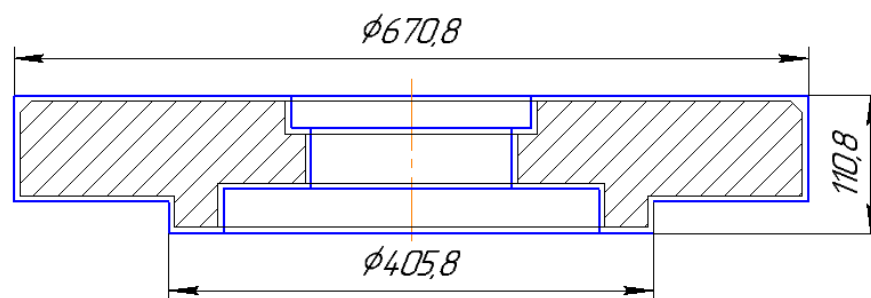


Рис.1.2 – Заготовка деталі "Кришка"

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

Обробку виконуємо стандартним інструментом. Матеріал різальної частини різців – твердий сплав Т15К6, свердла – із швидкокоріжучої сталі Р6М5.

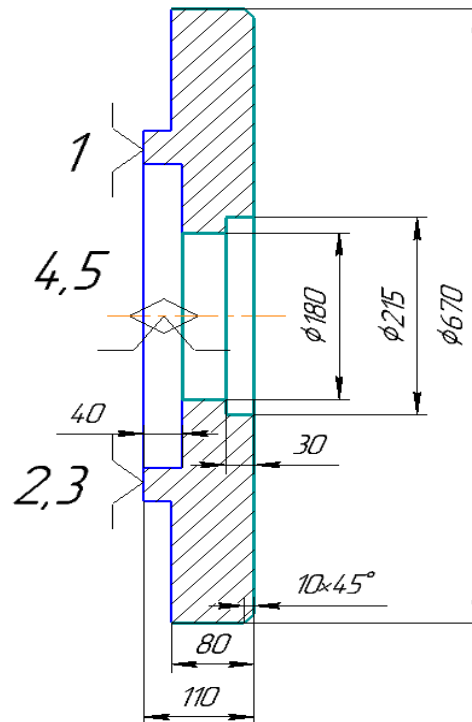
## 1.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталі "Кришка", що був розроблений у процесі виконання дипломного проекту, представлений у маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах [16,17,19].

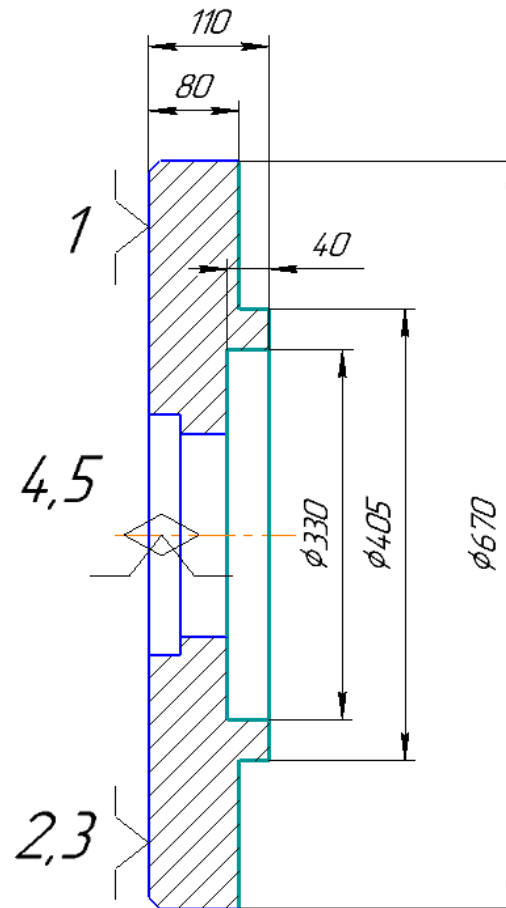
						ЛП71.147246.03-70TE	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			56



Дубл.														
Взамін.										58				
Підпис									Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата	
Розробив	Нікітенко			НТУУ "КПІ", ІХФ								005		
Перевірів	Борщук													
Н. контр.	КРИШКА											Н		



Дубл.														
Взамін.													59	
Підпис											Зм	Ар	№ док.	Підпис
Розробив	Нікітенко			НТУУ "КПІ", ІХФ							010			
Перевірів	Борщик													
Н. контр.								КРИШКА				Н		



КЕ

Обробка різанням





Дубл.																			
Взамін.																			
Підпис																			
Розробив	Нікітенко			НТУУ "КПІ",															
Перевірів	Борщук			ІХФ															
Н. контр.				КРИШКА				Н				010							
				Назва операції				Матеріал											
				Токарна				СТАЛЬ 45 ГОСТ 1050-88											
				Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ		Коод								
					ке														
				Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми											
				Токарно-гвинторізний верстат 16К20				МОР											
				То	Тд	Тп.з	Тшт.	Емульсія											
P		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v										
P01	1. Точити Ø330 начорно, начисто;																		
T02	2. Точити Ø405 начорно, начисто;																		
03	3. Підрізати торці.																		
O04																			
T05																			
T06																			
P07																			
08																			
09																			
OK	Обробка різанням																		

Дубл.										
Взамін.							63			
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис

Розробив	Нікітенко									
Перевірів	Борщук									

НТУУ "КПІ",  
ІХФ

КРИШКА

Н

015

Н. контр.

Назва операції

Матеріал

Свердлильна

СТАЛЬ 45 ГОСТ 1050-88

ОВ

МД

МД

Профіль і розміри

МЗ

Коод

кє

кє

Обладнання, пристрій ЧПК

Позначення програми

Вертикально-свердильний верстат 2Н125

То

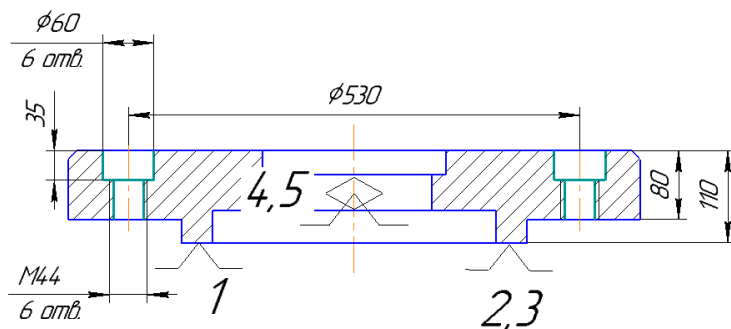
Тд

Тп.з

Тшт.

МОР

Емульсія



P		H	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Свердлити 6 отворів під М44;								
T02	2. Розвернути 6 отворів Ø60 начорно, начисто;								
03	3. Нарізати різьбу М44.								
O04									
T05									
T06									
P07									
08									
09									
O10									
OK	Обробка різанням								

### 1.2.1 Призначення пристосування для обробки деталі

Пристрій для обробки, у якому виконується свердління шести отворів Ø60 та нарізання різьби М44 в шести отворах – пристосування притискне[18], на кресленні ЛП71.147241.006-70ТЕ зображено його конструкцію.

При обробці отворів деталь притискається двома губками 1 до плити 2, забезпечуючи таким чином нерухоме положення під час виконання операції. Губки 2 рухаються і притискаються завдяки гвинтам 7, що розміщені в основі 6. Основа 6 і плита 2 розміщені на корпусі 3.

### 1.2.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні

При свердлінні отворів деталь притискається двома губками до плити, забезпечуючи таким чином нерухоме положення.

У процесі обробки на заготовку з боку ріжучого інструменту діють сили різання, які прагнуть зрушити її з установочних елементів. Для того, аби цього не відбулося, заготовку необхідно закріпити.

У випадку свердління отворів (Рис.1.3) у притискному пристосуванні величина сили затискання визначається із рівності [19]:

$$Q = \frac{M_{кр}}{f \cdot r}, \quad (1.1)$$

де  $M_{кр}$  – крутний момент свердла;

$f$  – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях.

					ЛП71.147246.03-70ТЕ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

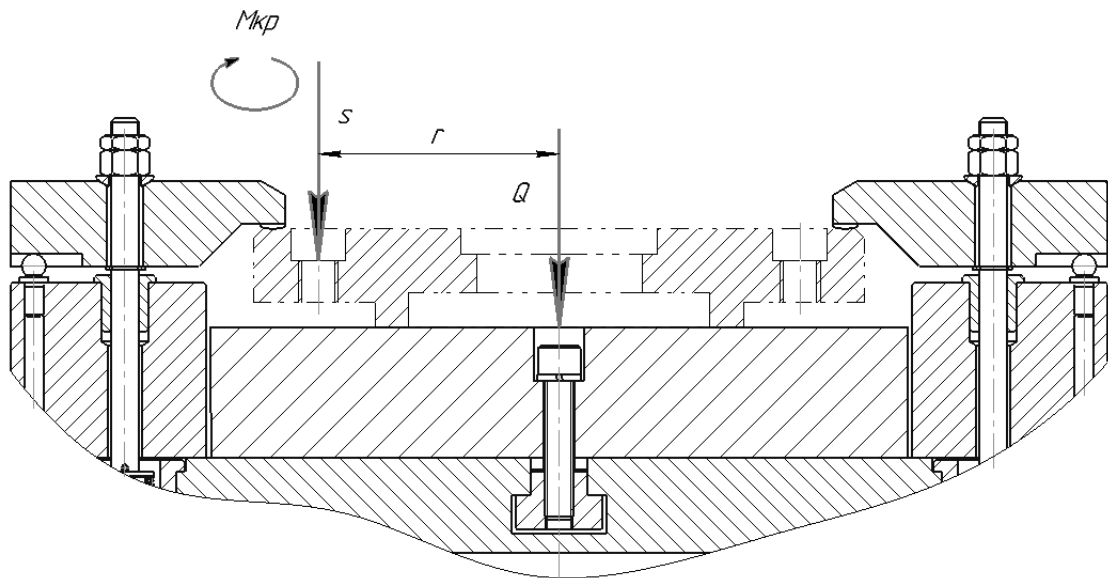


Рис. 1.3 - Схема закріплення деталі

Для забезпечення надійності, силу затискання додатково збільшують на величину коефіцієнту запасу  $K$ , тоді формула для знаходження сили затискання набуває остаточного вигляду:

$$Q = \frac{K \cdot M_{кр}}{f \cdot r} \quad (1.2)$$

Обертаючий момент  $M_{кр}$ :

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p \quad (1.3)$$

де коефіцієнти  $C_M = 0,021$ ,  $q=2$ ,  $y=0,8$ ;

$S = 0,5$  мм/об - подача свердла;

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, у випадку свердління залежить лише від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається як:

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^n \quad (1.4)$$

$$K_p = \left( \frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,73.$$

						Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЛП71.147246.03-70TE	

Остаточно:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 30^2 \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,73 = 80 \text{ Нм};$$

Коефіцієнт запасу К:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (1.5)$$

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

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

$K_2 = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує вплив сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

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

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

$K_5 = 1$  коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку.

Значення коефіцієнта запасу:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34.$$

Сила затискання заготовки у пристосуванні, з формули (1.2):

$$Q = \frac{2,34 \cdot 80}{0,35 \cdot 0,265} = 2271 \text{ Н},$$

де  $r = 0,265 \text{ м}$  - відстань від точки прикладання сили затискання до місця свердління;

$f = 0,35$  - коефіцієнт тертя між поверхнями.

Приймаємо силу затиску  $Q = 2,3 \text{ кН}$ .

					ЛП71.147246.03-70TE	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

## ВИСНОВКИ

В розділі «Технологія машинобудування» було обрано деталь – кришка гранулятора та описано весь технологічний процес виготовлення з маршрутними картами, операційними картами та картами ескізів. По графічній частині було зроблено креслення кришки на форматі А4 та креслення пристосування притискне на форматі А1. Було описано призначення пристосування та розрахунок сил закріплення .

					ЛП71.147246.03-70ТЕ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проекті за темою «Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки» було описано технологічну лінію отримання грануляту з відходів ПЕТ, базову конструкцію гранулятора, принцип дії, переваги та недоліки.

Було зроблено літературно-патентний огляд по темі диплому для вибору варіанту модернізації головки гранулятора, та вибрано за прототип патент [5], в якому запропонована конструкція з додатковими каналами у головці гранулятора для додавання домішок. Така конструкція дозволяє додатково змащувати внутрішню поверхню модернізованої головки гранулятора та додавати різні домішки для покращення якості вихідного матеріалу.

У розділі «Охорона праці та навколишнього середовища» була описана техніка безпеки та норми при експлуатації гранулятора.

Також у бакалаврському дипломному проекті наведені механіко-економічні показники з описом та підтвердженням економічності даної модернізації головки гранулятора.

У дипломі проведено ряд розрахунків базової конструкції гранулятора на міцність, потужності, яку споживає. У системі ANSYS виконані розрахунки модернізованої головки гранулятора на міцність, деформації та температурний режим. За отриманими результатами розрахунків можна зробити висновок, що машина є повністю працездатною та не перевищує допустимі норми експлуатації.

У розділі «Технологія машинобудування» обрано деталь «кришка» та описано весь технологічний процес її виготовлення разом з маршрутними картами, картами ескізів та операційними картами.

За темою дипломного проекту «Гранулятор полімерної сировини з модернізацією головки» написана та опублікована одна теза у збірнику ІХФ за результатами XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції “Ефективні

					ЛП71.147246.01-70PP	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

процеси обладнання та хімічних виробництв та пакувальної техніки”, 7-8 червня 2021р.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Призначення та галузь застосування гранулятора-Доступ з екрану: [https://studwood.ru/2437108/tovarovedenie/priznachennya\\_galuz\\_vikoristannya\\_pres\\_granulyatoriv](https://studwood.ru/2437108/tovarovedenie/priznachennya_galuz_vikoristannya_pres_granulyatoriv)
2. Технологічна схема отримання вторинного грануляту з відходів ПЕТ - Доступ з екрану: <https://studfile.net/preview/6876137/page:71/>
3. Призначення, опис конструкції і принцип дії гранулятора - Доступ з екрану: <http://borex.com.ua/princip-raboty-granulyatory.htm>
4. Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії гранулятора - Доступ з екрану: <https://albnn.com/production/articles/ustroystvo-granulyatora-ogm/>
5. Патент №25417 Україна, МПК В29С 47/14. Екструзійна головка / О.Л. Сокольський, В.І. Сівецький, С.В. Півненко – Опубл. 10.08.2007
6. Патент №16817 Україна, МПК В29С 47/14. Кільцева екструзійна головка/ О.Л. Сокольський, В.І. Сівецький, С.В. Півненко – Опубл. 15.08.2006
7. Патент №60882 Україна, МПК В29D 7/00. Екструзійна головка для виробництва виробів з полімерних матеріалів/ Осьмаков О.Г., Петухов М.А., Петухов А.Д., Біль В.А., Свідерський В.А., Колосов О.Є. – Опубл. 12.01.2011
8. Патент №82157 Україна, МПК В29С 47/14. Головка екструзійна/ Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Рослов О.В., Коваленко К.Г., Сівецький В.І.– Опубл. 25.07.2013
9. Левченко О.Г., Полукаров О.І., Зацарний В.В., Землянська О.В. - Охорона праці та цивільний захист, Опубл. 15.03.2019
10. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень - Доступ з екрану: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>
11. Пожежна безпека -Доступ з екрану: <https://dbn.co.ua/load/normativy/21-1-0-312>.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

12. Санітарні норми виробничого шуму,ультразвуку та інфразвуку-Доступ з екрану: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text>

13.Норми природнього і штучного освітлення - Доступ з екрану: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)

14. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс экструзией: метод, указ. для практических занятий, курсового и дипломного проектирования. Екатеринбург: УГЛТА, 2001. 48 с.

15. Басов Н. И., Казанков Ю. В., Любартович В. А. Расчет и конструирование.

оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Машины и аппараты химических производств" и "Машины и технология переработки полимерных материалов в изделия и детали" - М: Химия, 1986. – 488 с., ил.

16. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

17.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

18.Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникумів. М., "Высш. школа", 1974. - 263с.

19.Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 256 с.

					ЛП71.147246.01-70ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

## **ДОДАТКИ**

Таблиця А.1 - Таблиця розглянутих патентів

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	Екструзійна головка	Україна №25417 (10.08.2007) МПК В29С 47/14 Автори: О.Л. Сокольський, В.І. Сівецький С.В. Півненко	Екструзійна головка, що містить корпус з внутрішніми поверхнями, які утворюють канал для протікання розплаву, яка відрізняється тим, що в корпусі додатково виконано принаймні один канал, що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву.
2	Кільцева екструзійна головка	Україна №16817 (15.08.2006) МПК В29С 47/14 Автори: О.Л. Сокольський В.І. Сівецький С.В. Півненко	Кільцева екструзійна головка, що містить корпус та дорн, встановлений на дорнотримачі, утворюючи канал для протікання розплаву з вихідною ділянкою, яка відрізняється тим, що між дорнотримачем та вихідною ділянкою каналу встановлені з можливістю колового руху тіла обертання.
3	Екструзійна головка для виробництва виробів з полімерних матеріалів	Україна №60882 (12.01.2011) МПК В29D 7/00 Автори: Осьмаков О.Г. Петухов М.А. Петухов А.Д. Біль В.А. Свідерський В.А. Колосов О.Є	Екструзійна головка для виробництва виробів з полімерних матеріалів, що містить корпус, який утворює з ним кільцевий формуючий зазор, дорн та розподільник розплаву, встановлений з можливістю обертання, яка відрізняється тим, що розподільник розплаву виконаний у вигляді втулки з радіальними отворами, встановленої із зазором між корпусом і дорном.

4	Головка екструзійна	Україна №82157 (25.07.2013) МПК В29С 47/14 Автори: Сокольський О.Л. Івіцький І.І. Рослов О.В. Коваленко К.Г. Сівецький В.І.	Кільцева екструзійна головка, що містить корпус, матрицю та дорн, встановлений на дорнотримачі, утворюючи канал для протікання розплаву, яка відрізняється тим, що матриця з'єднана з корпусом за допомогою принаймні одного пружного та принаймні одного демпфуючого елементів з можливістю зворотно-поступального руху.
---	---------------------	---	---

## СПЕЦИФІКАЦІЇ













Результати розрахунків на міцність модернізованої головки  
гранулятора  
у системі ANSYS

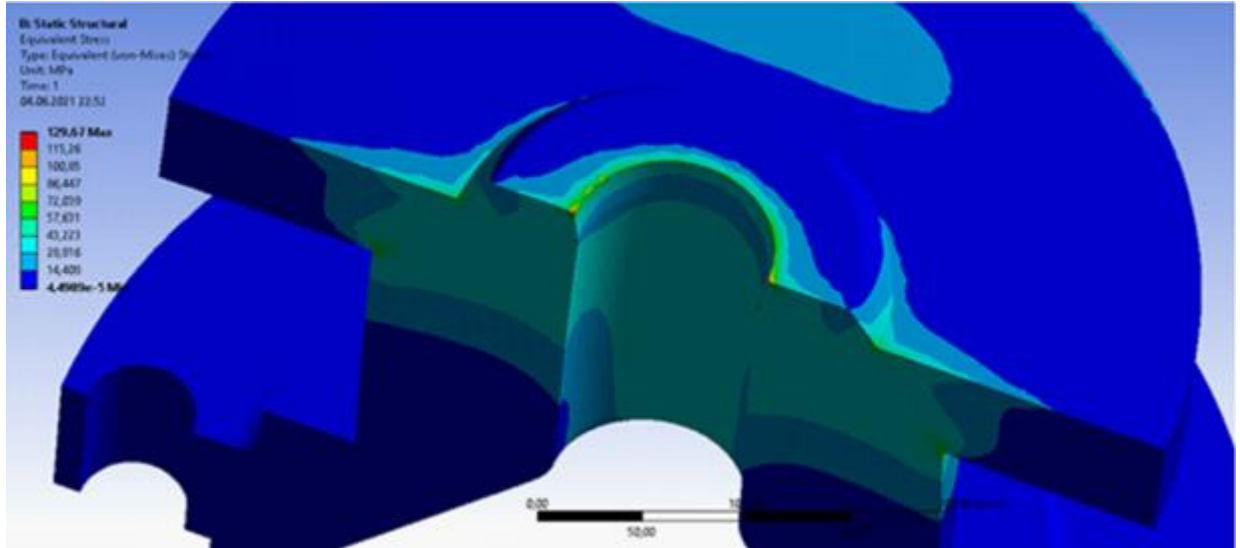


Рис.В.1 – Еквівалентні напруження головки гранулятора

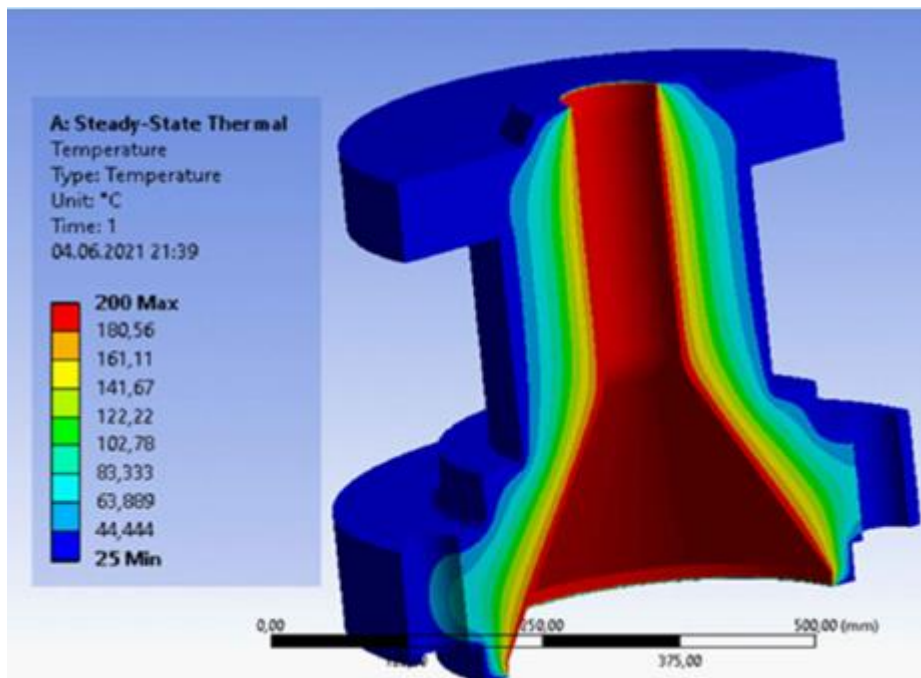


Рис.В.2 – Розподіл температур головки гранулятора

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

## 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
Мурашковський М.Г., Казак І.О. Один з способів удосконалення конструкції корпусу екструзійного агрегату з метою підвищення його надійності і якості екструзування.....	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
Гулько 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., Мікульонюк 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
Качура Р.О., Борщик С.О. Модернізація конструкції гладких валків валкової дробарки	46
Качура Р.О., Борщик С.О. Модернізація валків дробарки.....	47
Коротка В. О., студ., Федорова Е.Ф. Екструзійний агрегат з модернізованим черв'яком	48
Сорокіна О.С., Шилович Т.Б. Модернізація черв'яка екструзійного агрегату для переробки ПВХ.....	50

Шашков М. В, Шилович Т. Б. Модернізація шнекового екструдера.....	51
Шашков М. В, Шилович Т. Б. Модернізація корпусу екструдера.....	53
Шумивода К.О., Шилович І.Л. Модернізація формуючої головки екструдера з регульованим перепадом тиску.....	55
Шумивода К.О., Шилович Т.Б. Модернізація головки екструдера зі змінним формуючим інструментом.....	57
Пантопель О. В. Один із способів удосконалення рухомого конуса конусної дробарки	58
Коновал А.П., Васильченко Г.М. Модернізація черв'ячного екструдера.....	60
Коваленко Т.О., Васильченко Г.М. Модернізація екструзійної головки.....	61
<b>СЕКЦІЯ РЕСУРСОЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ОБЛАДНАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ</b>	
Омельчук І.В., Соловей В.В. Числова оцінка можливості застосування наномодифікованих полімерів для виготовлення балонів для зберігання скрапленого газу.....	65
Жуковська А.О., Горобчук Я.М., Кувшинов О.В., Гондляр О.В. Диспергування вуглецевих нанотрубок в епоксидній смолі ЕД20.....	67
Мацагор В.В., Шилович Т.Б. Модернізація корпусу екструдера ізольованими кільцями для додаткового термічного опору.....	71
Скулкін Н.О., Чемерис А.О. Прогресивні методи підвищення зносостійкості робочих органів екструдера.....	72
Нікітенко М.С., Казак І.О. Зменшення енерговитратності та підвищення якості вихідного матеріалу шляхом удосконалення екструзійної головки.....	74

## **Зменшення енерговитратності та підвищення якості вихідного матеріалу шляхом удосконалення екструзійної головки**

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

*У роботі пропонується конструкція екструзійної головки гранулятора, у якій завдяки виконаних додаткових каналів, на поверхню каналу для протікання розплаву можна подавати домішки, що зменшують тертя між розплавом та внутрішньою поверхнею корпусу. Це сприяє зменшенню гідравлічного опору головки і енергетичних витрат на продавлювання розплаву крізь неї.*

Гранулятори – пристрої для переробки сипучої сировини невеликих фракцій шляхом сухого пресування і продавлювання ущільненої маси через матрицю з отворами. Гранулятори широко використовуються для виробництва комбікормів, а також для виготовлення полімерних, паливних гранул та ін. Гранулятори поділяють на:

- барабанні гранулятори;
- тарілчасті гранулятори;
- конусні гранулятори;
- багатоконусні гранулятори;
- стрічкові гранулятори;
- вібраційні гранулятори [1].

Грануляція застосовують головним чином областях хімічної промисловості, металургії, в енергетичному господарстві, а також в сільському господарстві. Гранули виготовляються циліндричної, кубічної, сферичної і лускатої форми. Форма гранул залежить від профілюючої головки і метода гранулювання .

Сам технологічний процес виготовлення гранул є досить легким. Основна сировина, подається в спеціальний завантажувальний бункер конусоподібної форми, так сировина ретельно перемішується. Сировина подається саме в тій кількості, якої вимагає конкретний процес виготовлення гранул. За допомогою черв'яка ,який приводиться в рух електродвигуном через редуктор ,полімерний матеріал переміщується в циліндричну зону 4 черв'ячного пресу. Далі матеріал потрапляє в зону формування та видавлюється через формуючу головку і приймає потрібну форму. Нагрівання циліндра гранулятора здійснюється нагрівачами, які розміщуються зовні і щільно охоплюють всю поверхню.

Основною перевагою грануляторів є велика продуктивність та швидкість отримання готової продукції – гранул. До недоліків можна віднести те, що гранули отримуються різних розмірів та потребують великих енерговитрат на їх виготовлення.

Пропонується удосконалена конструкція екструзійної головки гранулятора на основі прототипу [2], у якій усунення вказаних вище недоліків досягається за рахунок того, що зроблені два додаткових канали 8, які з'єднують зовнішню поверхню з каналом протікання розплаву та дозволяють додавати домішки (рис. 1).

Запропонована удосконалена конструкція екструзійної головки гранулятора на рис. 1 містить: корпус – 1, дорн -2, розсікач – 3, термопар – 4,5, болти М12 – 6, болти М20 – 7. Розглянемо принцип роботи удосконаленої конструкції екструзійної головки гранулятора. Корпус екструзійної головки 1 закріплений болтами М12 та М20 6,7. Розплавлений матеріал прямує по головному каналу та розходить по циліндричним формуючим каналам через розсікач 3. Матеріал нагрівається за допомогою термопар 4,5, які розташовані по всій поверхні головки гранулятора. Через формуючі отвори закріплені дорном 2, отримуємо готовий матеріал (гранули). Через додатковий канал 8 додаються домішки та змащувальні рідини [2].

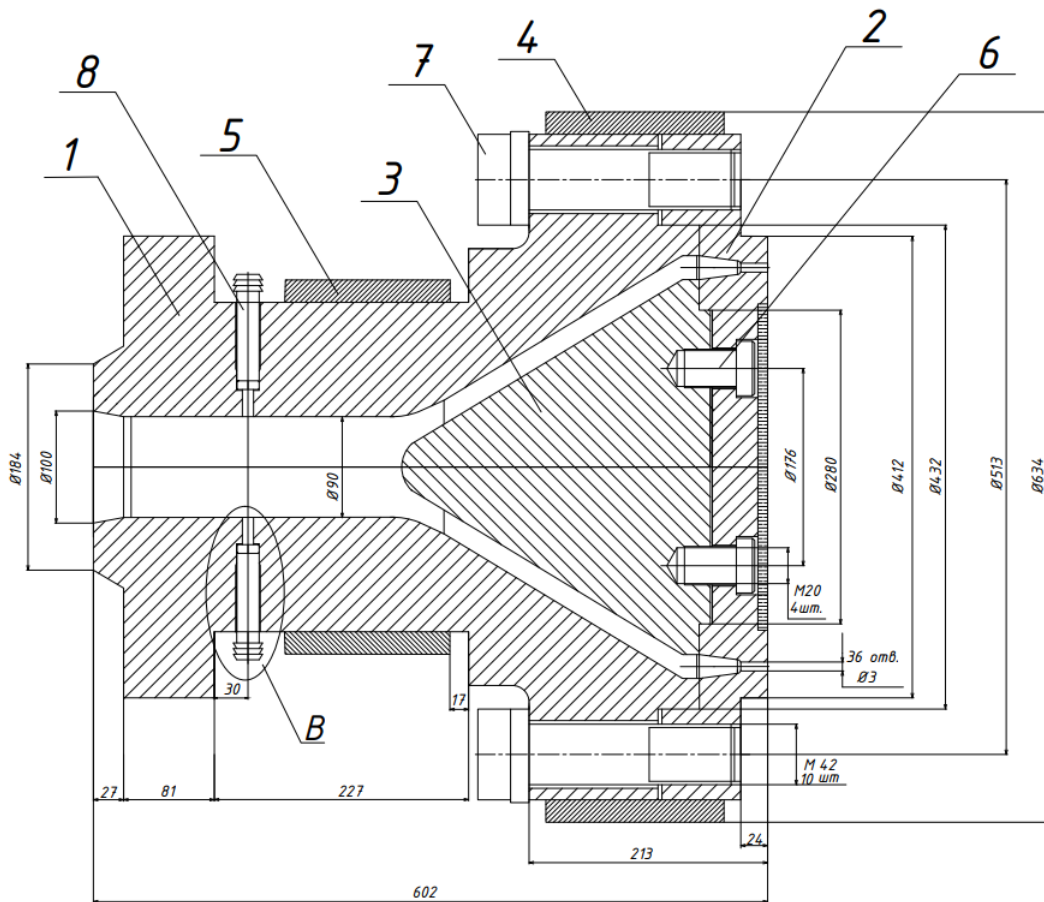


Рис.1. Удосконалена конструкція екструзійної головки гранулятора з додатковими каналами для додавання домішок та змащувальні рідини:

1 – корпус; 2 – дорн; 3 – розсікач; 4,5 – термопари; 6 – болти M12; 7 – болти M20.

Таким чином, запропонована удосконалена конструкція екструзійної головки гранулятора з додатковими каналами для додавання домішок та змащувальні рідини забезпечує зменшення гідравлічного опору головки і енергетичних витрат на продавлювання розплаву крізь неї, запобігає утворенню застійних зон, нагару на поверхнях каналу та виникненню дефектів на поверхні виробів.

### Література

1. Класифікація грануляторів, область застосування, характеристики. - Доступ з екрану: <https://granula.at.ua/index/0-4>

2. Патент №25417 Україна, МПК В29С 47/14. Екструзійна головка / О.Л. Сокольський, В.І. Сівецький, С.В. Півненко – Опубл. 10.08.2007

## Обраний патент для модернізації



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ(19) UA (11) 25417 (13) U  
(51) МПК (2006)  
B29C 47/14

в ідається під  
в ідпов ідальність  
в ласника  
патентуОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(54) ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА

1

2

(21) u200703007

(22) 22.03.2007

(24) 10.08.2007

(46) 10.08.2007, Бюл. № 12, 2007 р.

(72) Сівецький Володимир Іванович, Сокольський  
Олександр Леонідович, Півненко Сергій Васильович(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-  
ТУТ"(57) Екструзійна головка, що містить корпус з вну-  
трішніми поверхнями, які утворюють канал для  
протікання розплаву, яка відрізняється тим, що в  
корпусі додатково виконано принаймні один канал,  
що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для  
протікання розплаву.

Корисна модель відноситься до області переробки полімерів та композицій на їх основі, зокрема, до екструзійного обладнання. Корисна модель може бути використана в технологічних лініях по виготовленню полімерних труб, профілів та інших довгомірних виробів або заготівок.

Як найближчий аналог (прототип) вибрана екструзійна головка для формування полімерних виробів, що містить корпус з внутрішніми поверхнями, які утворюють канал для протікання розплаву [1].

Наведена конструкція має той недолік, що внаслідок високої в'язкості полімерних розплавів та їх тертя з поверхнями каналу виникають значні гідравлічні опори, які призводять до високої енергоємності процесу формування.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення екструзійної головки шляхом утворення каналу подачі домішок, які забезпечують зменшення тертя між розплавом та поверхнями каналу і зменшення гідравлічного опору та енергоємності процесу формування полімерних виробів.

Поставлена задача вирішується тим, що в екструзійній головці, що містить корпус з внутрішніми поверхнями, які утворюють канал для протікання розплаву, новим є те, що в корпусі додатково виконано принаймні один канал, що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву.

Перераховані вище ознаки складають сутність корисної моделі.

Наявність причинно-наслідкового зв'язку між

сукупністю істотних ознак корисної моделі і одержуваним технічним результатом полягає в наступному.

Завдяки наявності додаткових каналів на поверхню каналу для протікання розплаву можна подавати домішки, що зменшують тертя між розплавом та внутрішньою поверхнею корпусу. Це сприяє зменшенню гідравлічного опору головки і енергетичних витрат на продавлювання розплаву крізь неї, запобігає утворенню застійних зон, нагару на поверхнях каналу та виникненню дефектів на поверхні виробів.

Корисна модель пояснюється кресленням, де показано приклад конструктивного виконання головки.

Екструзійна головка містить корпус 1 з внутрішніми поверхнями 2, які утворюють канал для протікання розплаву 3, причому в корпусі 1 додатково виконано принаймні один канал 4, що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву 3.

Корисна модель працює таким чином.

Розплав, що входить у головку, потрапляє в канал для протікання розплаву 3, утворений внутрішніми поверхнями 2 корпусу 1. При контакті розплаву з внутрішніми поверхнями 2 на нього діють сили тертя, що створюють спротив течії. Через канал (канали) 4 на внутрішні поверхні 2 ззовні подаються змащувальні домішки, які знижують тертя з розплавом, що сприяє зменшенню гідравлічного опору та покращенню якості поверхні полімерного виробу.

Таким чином, використання описаної корисної моделі дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби кращої якості та зменшити енергетичні витрати на їх виробництво.

Джерела інформації:

1. Патент №2203184 Росія, МПК7 B29C47/14, 2003.04.27. Экструзионная головка для изготовления полимерных рифленых листов.

