

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: Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструдера

---

---

---

**Студент групи** IV к. ЛП-71

(шифр групи)

Бабушкіна Маргарита Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник проекту:** асистент, Гур'єва Людмила Наумівна

\_\_\_\_\_ (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) Бабушкіна М. С.

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**

**Бабушкіна Маргарита Сергіївна**

1. Тема проекту «Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструдера», керівник проекту, асистент Гур'єва Людмила Наумівна, затверджені наказом по університету від 26. 04. 2021 р. № 1071

2. Термін подання студентом проекту .06.2021р.

3. Вихідні дані до проекту . об'єкт розробки – ЧП-32; габаритні розміри: довжина –  $L=1500$  мм; ширина –  $S=2120$  мм; висота –  $H=1600$  мм; маса –  $M=475$  кг; діаметр черв'яка –  $d=32$  мм; частота обертання черв'яка –  $n=30-350$  об/хв, продуктивність  $Q=35$  кг/год; матеріал, що подрібнюється – поліетилен низького тиску; потужність –  $N=12$  кВт.

4. Зміст пояснювальної записки

Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування екструдера; 2 Технічні характеристики екструдера ЧП-32; 3 Опис конструкції та призначення екструдера ЧП-32; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації ; 5 Охорона праці; 6 Очікувані механіко-економічні показники; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Технологічна схема А1; 2. Загальний вигляд машини А1; 3. Вузли та деталі машини А1; 4. Плакат з розрахунками на міцність А1.

6. Консультанти розділів проекту\*

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

7. Дата видачі завдання 12.04.2021

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ. Технічна характеристика.	12.04.21-16.04.21	
2.	Призначення та галузь використання.	17.04.21-20.04.21	
3.	Опис конструкції та принцип дії.	23.04.21-28.04.21	
4.	Літературно-патентний огляд.	20.04.21-05.05.21	
5.	Розрахунки.	07.05.21-12.05.21	
6.	Охорона праці	27.05.21-01.06.21	
7.	Технологія машинобудування.	25.05.21-02.06.21	
8.	Висновки.	01.06.21-03.06.21	
9.	Графічна частина.	21.04.21-14.05.21	

Студент

Бабушкіна М. С.

Керівник проекту

Гур'єва Л. Н.

---

## **Зміст дипломного проекту**

Реферат (укр.) .....	1
Реферат (англ.).....	1
Перелік позначень .....	1
Пояснювальна записка .....	23
Розрахунки .....	21
Технологія машинобудування .....	9
Загальні висновки .....	2
Перелік посилань .....	3
Додатки .....	4

## Реферат

Розроблено бакалаврський дипломний проект на тему «Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструдера».

Метою проекту є модернізація екструдера ЧП-32. Дипломний проект вміщує «Пояснювальну записку», «Розрахунки», «Технологію машинобудування» та графічну частину. Загальний обсяг дипломного проекту становить: 74 с., 20 рис., 3 табл., 20 джерел та 6 креслень.

Методи розробки і проектування - аналітичні, розрахункові, проектувальні; з використанням відомих методів, комп'ютерних програм, нормативних документів.

При розробці і проектуванні екструзійного агрегату, на основі аналітичного огляду науково-технічної літератури, нормативної та конструкторської документації, патентних досліджень, інженерно-технічних розрахунків, виконано наступне:

- вивчено принципи роботи і конструкцію промислових екструдерів для виробництва поліетилену, проаналізовано технічні параметри і характеристики цих машин;

- проведено низку інженерних розрахунків, потрібних для проектування і розробки екструдера, згідно з технічним завданням;

- на основі виконаних патентних досліджень модернізовано екструдер;

- розроблено і спроектовано модернізований екструдер для виробництва труб з поліетилену низького тиску.

Ключові слова: ПОЛІЕТИЛЕН, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ПРЕС, ТРУБИ, ЧЕРВ'ЯК, ГОЛОВКА.

## **Abstract**

A bachelor's thesis project on " Unit for production of pipes with modernization of an extruder " has been developed.

The aim of the project is to modernize extruder WP-32. The diploma project contains "Explanatory note", "Calculations", "Mechanical Engineering Technology" and a graphic part. The total volume of the diploma project is: 74 pages, 20 figures, 3 tables, 20 sources and 6 drawings.

Methods of development and design - analytical, calculation, design; using known methods, computer programs, regulations.

During the development and design of the extrusion unit, based on an analytical review of scientific and technical literature, regulatory and design documentation, patent research, engineering calculations, the following was performed:

- studied the principles of operation and design of industrial extruders for the production of polyethylene, analyzed the technical parameters and characteristics of these machines;
- performed a number of engineering calculations required for the development and design of the extruder, in accordance with the terms of reference;
- on the basis of the performed patent researches extruder is modernized;
- developed and designed an extruder for the production of high density polyethylene pipes

**Keywords:** POLYETHYLENE, WORM PRESS, PIPES, WORM, DIE.

## Перелік позначень

Умовні позначення:

$D$  – діаметр черв'яка, мм

$l_p$  – загальна (робоча) довжина черв'яка, мм

$l_z$  – довжина зони завантаження черв'яка, мм

$l_d$  – довжина зони дозування черв'яка, мм

$l_{\pi}$  – довжина зони пластикації черв'яка, мм

$t$  – крок нарізки витків, мм

$e$  – ширина витка, мм

$h_1$  – глибина нарізки в зоні завантаження, мм

$h_2$  – глибина нарізки в зоні дозування, мм

$\delta$  – зазор між гребнем черв'яка і корпусом, мм

$\rho$  – густина, кг/мм<sup>3</sup>

$N$  – потужність, кВт

$n$  – частота обертання черв'яка

$P$  – тиск розплаву, МПа

$\eta$  – ККД розплаву

$Q$  – продуктивність, кг/год

$E$  – модуль пружності, МПа

$\sigma_T$  – границя текучості, МПа

$\nu$  – Коефіцієнт Пуассона

Скорочення:

ІХФ – інженерно-хімічний факультет;

ЧП – черв'ячний пресс

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

Київ – 2021 рік

## ЗМІСТ

Вступ .....	1
1 Призначення і галузь застосування екструдера ЧП-32.....	2
1.1 Призначення екструдера ЧП-32.....	2
1.2 Застосування екструдера ЧП-32 для виготовлення поліетиленових труб.....	2
2 Технічні характеристики екструдера ЧП-32.....	4
3 Опис конструкції та принцип дії екструдера ЧП-32.....	5
4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації .....	8
4.1 Літературно-патентний огляд.....	8
4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення еккструзійної головки.....	12
5 Охорона праці .....	13
6 Очікувані механіко-економічні показники .....	20
Висновки .....	21

					<i>ЛП71.01.7246.01-70ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ба́дцшкіна М. С.			<i>Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструдера</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Гур'єва Л. Н.				1		
<i>Н. Контр.</i>					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>			
<i>Затверд.</i>		Гондляр О.В.						

## ВСТУП

Хімічне машинобудування займає одне з вайжливіших місць у розвитку економіки всього світу. Воно являє собою галузь, яка забезпечує працездатність таких галузей як паливна, енергетична, лісова. Хімічне машинобудування входить до важкого машинобудування.

Спеціалізація цієї підгалузі машинобудування - розробка і виробництво хімічного, нафтогазопереробного, полімерного, гумотехнічного, папероробної, газоочисного і криогенного обладнання, а також інших видів обладнання, які застосовуються в загальній промисловості.

У зв'язку зі зменшенням природних ресурсів зростає потреба в пошуку альтернативних джерел енергії, матеріалів і продуктів, вироблених штучним шляхом. Багато з цих матеріалів створюють на основі продуктів нафтосинтеза і вуглеводню. Взаємодіючи один з одним, хімічне і нафтогазове галузі машинобудування утворюють цілісну систему.

Метою даного бакалаврського проекту є проектування та модернізація екструдера ЧП-32, який є важливою складовою процесів виготовлення будівельних матеріалів, у гірничорудній та хімічній промисловості.

Для досягнення поставленої мети проведено літературно-патентний пошук та обрано патент, що дозволяє оптимізувати процес виготовлення полімерних труб та розроблено нову конструкцію екструдера, яка повинна підвищити ефективність роботи під час виробництва.

					<i>ЛП71.01.7246.01-70ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРУДЕРА ЧП-32

## 1.1 Призначення екструдера

Екструдер - машина для формування пластичних матеріалів, шляхом надання їм форми, за допомогою продавлювання (екструзії) через профілюючий інструмент (екструзійну головку).

Екструдер зазвичай використовується при формуванні полімерів (в тому числі гумових сумішей, пластмас, крахмаловмістних і білковмістних сумішей), феритових виробів (осердя), а також в харчовій промисловості (макарони, локшина, кукурудзяні палички і т. п.), шляхом продавлювання формованої речовини через формуючий отвір головної частини екструдера. Двома основними перевагами цього процесу перед іншими виробничими процесами є його здатність створювати дуже складні поперечні перерізи і обробляти крихкі матеріали, оскільки матеріал стикається тільки з стискаючими і зсувними тисками. Він також формує деталі з відмінною якістю поверхні. Крім того, процес екструзії в металах може збільшити міцність матеріалу.

## 1.2 Застосування екструдера ЧП-32 для виготовлення поліетиленових труб

Гранули полімеру завантажують в бункер екструдера 1 за допомогою пневмо- або вакуумного завантажувача. При використанні декількох компонентів (відходи виробництва, гранули з концентратом барвника і т.д.) використовуються дво- або трикомпонентні дозатори, за допомогою яких сировина в певному процентному співвідношенні подається в горловину циліндра екструдера. Далі полімер шнеком переміщається по циліндру, де розплавляється, а розплав видавлюється через формующую трубку головку 2. Трубчастий профіль 6 надходить всередину калібрувальної насадки (гільзи) 3, де частково охолоджується і набуває необхідні розміри по діаметру. Для притиснення розплаву до стінок калібруючої насадки всередину труби

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.01.7246.01-70ПЗ



## 2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧП-32

В таблиці 2.1 наведено основні характеристики ЧП-32.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики ЧП-32

№	Параметр	Позначення	Одиниці	Значення
1	Діаметр черв'яка	$d$	мм	32
2	Частота обертання черв'яка	$n$	об/хв	30-350
3	Потужність	$N$	кВт	12
5	Продуктивність	$Q$	кг/год	35
6	Габаритні розміри: – довжина; – ширина; – висота.	$L$ $S$ $H$	мм мм мм	1500 2120 1600
7	Маса	$M$	кг	1000

					ЛП71.01.7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



площа завантаження виконується з великим об'ємом шнекового каналу черв'яка.

У зоні плавлення відбувається розплав полімеру, його ущільнення та дегазація.

У зоні дозування полімер змішується, під час змішування тиск збільшується, під дією якого розплав проштовхується через фільтру.

Довжина функціональних зон екструдера може значно змінюватися в залежності від властивостей матеріалу, що обробляється, та особливостей технології обробки.

Бункер - це товстостінний циліндр з завантажувальним отвором 5. Він складається з корпусу 3 та вставної втулки. Електродвигун 10 встановлений на зовнішній поверхні бункера 9 завантажувального бункера.

Температура поверхні втулки регулюється термоелектричним перетворювачем у комплекті з вторинним пристроєм. Корпус має форму товстостінного циліндра, який з'єднаний фланцевим з'єднанням з бункером. Корпус має чотири зони нагріву електричними нагрівачами, а також охолоджується за рахунок чотирьох незалежних вентиляторів 8. На ньому встановлені термоелектричні перетворювачі для терморегуляції корпусу.

Зони розділені перегородками. Ззовні корпус закритий теплоізоляційним кожухом 2.

Система охолодження призначена для охолодження бункера, черв'яка, масла в корпусі коробки передач.

Черв'як з'єднаний з втулкою адаптера радіального упорного підшипника за допомогою шліцевого з'єднання. Цей вал підключений до низькошвидкісної коробки передач за допомогою шліцевого з'єднання.

Екструзійна головка кріпиться до циліндра екструдера фланцевим з'єднанням.

Корпус складається з завантажувальної та плавильної частини. Більша частина деталей також з'єднана фланцями.

					ЛП71.01.7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

### 4.1 Літературно-патентний огляд

Мета проведення літературно – патентного пошуку - вибір технічного рішення та обґрунтування модернізації, яка забезпечить більш ефективну роботу обладнання.

Таблиця 4.1 – Таблиця розглянутих патентів

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1.	ЕКСТРУДЕР	<b>RU</b> <b>№ 2 183 158 (2002)</b> МПК В29С 47/38 (2000.01) В29С 47/72 (2000.01) <b>Автор(и):</b> Остріков А.Н., Рудометкін А.С.	<b>Суть:</b> Пристрій використовується для переробки термопластичних матеріалів в галузях промисловості, де можна застосувати метод екструзії. <b>Ціль:</b> стабілізація тиску в предматричній зоні при зміні технологічних параметрів процесу в ході переробки різного вихідного сировини методом екструзії за рахунок відводу частини продукту з предматричної зони і направлення її в робочу камеру.
2.	ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	<b>RU</b> <b>№ 2 118 257 (1998)</b> МПК В29С 47/38 (1995.01) В29С 47/66 (1995.01) <b>Автор(и):</b> Остріков А.Н., Абрамов О.В.	<b>Суть:</b> Даний апарат використовується для переробки термопластичних матеріалів, що вимагають безперервного перемішування і гомогенізації. <b>Ціль:</b> Дана конструкція покращує якість готового продукту за рахунок інтенсифікації процесів змішання і гомогенізації, а також заданого темпу наростання тиску.
3.	ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОФІЛЬНИХ ВИРОБІВ З РЕГУЛЬОВАНИМ ПЕРЕТИНОМ ФОРМУЮЧОГО КАНАЛУ	<b>RU</b> <b>№ 2 161 556 (2001)</b> МПК В29С 47/12 (2000.01) В29С 47/16 (2000.01) В29С 47/22 (2000.01) <b>Автор(и):</b> Остріков А.Н., Абрамов О.В., Ненахов Р.В., Рудометкін А.С.	<b>Суть:</b> Даний апарат використовується для переробки термопластичних матеріалів і застосовують в промисловості, що вимагає екструзію, а також для виробництва профільних виробів з регульованим перетином формуючого каналу. <b>Ціль:</b> стабілізація тиску в предматричній зоні екструдера

					ЛП71.01.7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			при зміні технологічних параметрів процесу в ході екструдуювання різного вихідного сировини за рахунок "автоматичного" варіювання прохідного перетину формуючого каналу, а також розширення області застосування.
4.	ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ВИРОБІВ З ПЛАСТМАС	<b>RU</b> <b>№ 2 177 411 (2001)</b> <b>МПК В29С 47/16 (2000.01)</b> <b>В29С 47/22 (2000.01)</b> <b>Автор(и): Аликин В.Н.,</b> <b>Голубцов Л.И.,</b> <b>Кузьмицкий Г.Э.,</b> <b>Федченко Н.Н.</b>	<b>Суть:</b> Винахід відноситься до хімічного машинобудування, і може бути використаний при виготовленні різних профільних виробів із пластмас методом екструзії. <b>Ціль:</b> поліпшення умов регулювання для зміни опору по перетину регулюючого каналу і забезпечення можливості переходу на дистанційне регулювання при необхідності ведення безперервного процесу екструдуювання, а також виключення можливості защемлення екструдата в процесі регулювання.
5.	Кільцева екструзійна головка	<b>UA</b> <b>№ 16817 (2006)</b> <b>МПК В29С 47/14</b> <b>Автор(и): Погодаєв К. С.,</b> <b>Сокольський О. Л.,</b> <b>Сівецький В. І.</b>	<b>Суть:</b> Корисна модель відноситься до області переробки термопластичних полімерів та композицій на їх основі, зокрема, до екструзійного обладнання. Корисна модель може бути використана у технологічних лініях по виготовленню полімерних труб, шлангів та інших виробів або заготовок кільцевого перерізу. <b>Ціль:</b> вдосконалення кільцевої екструзійної головки шляхом інтенсифікації деформації та злиття ліній зварення потоків розплаву, що забезпечує зменшення габаритів головки та підвищення якості полімерних виробів.
6.	ГОЛОВКА ЕКСТРУЗІЙНА	<b>UA</b> <b>№ 82205 (2013)</b> <b>МПК В29С 47/14</b> <b>Автор(и):</b> <b>Сокольський О. Л.,</b> <b>Рослов О. В.,</b> <b>Сівецький В. І., Коваленко</b> <b>К. Г., Івіцький І. І.</b>	<b>Суть:</b> Корисна модель належить до області переробки термопластичних полімерів та композицій на їх основі, зокрема до екструзійного обладнання. Корисна модель може бути використана у технологічних лініях по виготовленню екструдованих полімерних виробів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП71.01.7246.01-70ПЗ

Арк.

			<b>Ціль:</b> вдосконалення екструзійної головки шляхом встановлення роз'ємного дорнотримача з можливістю зміни довжини каналу, по якому рухається розплав, та демпфуючого і пружного елементів.
7.	Одношнековий екструдер	<b>UA</b> <b>№ 109678 (2015)</b> <b>МПК В29С 47/22,</b> <b>В29С 45/52</b> <b>Автор(и):</b> <b>Моравський В. С.,</b> <b>Суберляк О. В.,</b> <b>Красінський В. В.,</b> <b>Сікора Я. В.</b>	<b>Суть:</b> Винахід належить до конструкції шнекових машин для переробки полімерних матеріалів методом екструзії, зокрема конструкції одношнекових екструдерів. <b>Ціль:</b> створення конструкції одношнекового екструдера, в якому введення додаткового елемента дасть можливість виключити протитік між матеріальним циліндром та виступом гвинтової нарізки шнека і тим самим підвищить продуктивність одношнекового екструдера.
8.	Екструдер для переробки термопластів	<b>UA</b> <b>№ 5779 (2005)</b> <b>МПК В29С 47/00</b> <b>Автор(и):</b> <b>Колесніков А. В.,</b> <b>Дядичев В. В.</b>	<b>Суть:</b> Корисна модель відноситься до області обробки полімерних матеріалів тиском і може бути використана при переробці полімерних відходів з отриманням з них якісних виробів. <b>Ціль:</b> удосконалення екструдера за рахунок того, що як зона змішування використана бар'єрна секція, за якою розташовано секцію декомпресії, що утворюють зону стиснення, зона дозування виконана послідовно з конічної і циліндричної секцій, що приведе до поліпшення якості одержуваних виробів за рахунок підвищення якості змішування компонентів розплаву, видалення з нього летючих з'єднань і створення на виході екструдера розплавленого полімерного потоку із стабілізованими тиском і продуктивністю.
9.	Черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів	<b>UA</b> <b>№ 1737 (2003)</b> <b>МПК В29С 47/60</b> <b>Автор(и):</b> <b>Радченко Л. Б.,</b> <b>Мікульонюк І. О.,</b> <b>Сівецький В. І., Новік В. О.</b>	<b>Суть:</b> Корисна модель належить до обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, у тому числі й композиційних, і може бути використана в

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП71.01.7246.01-70ПЗ

Арк.



## 4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення екструзійної ГОЛОВКИ

В голівці для формування, прийнятої за прототип, натомість регулюючого каналу, що складається з пучка отворів з дроселюючим угвинчуваними елементами, введений регулюючий канал, виконаний в окремому корпусі, вмонтованому між підводним і формуючим каналами. Корпус з регулюючим каналом виконаний з кільцевими канавками на зовнішній поверхні і кільцевими виступами на внутрішній поверхні, чим досягається можливість його пружного розтягу-стиску в направляючій втулці, змінюючи поперечний переріз від прикладання зовнішнього осьового зусилля, наприклад, гвинтовою парою або гідроприводом. При цьому, при необхідності, можливе дистанційне регулювання опору від зусилля механічного або гідравлічного приводу, що прикладається до гвинтової пари або до торця вбудованого корпусу з регулюючим каналом. У зоні проходження екструдата виключений контакт взаємно переміщуються поверхонь, чим і затискається защемлення екструдата.

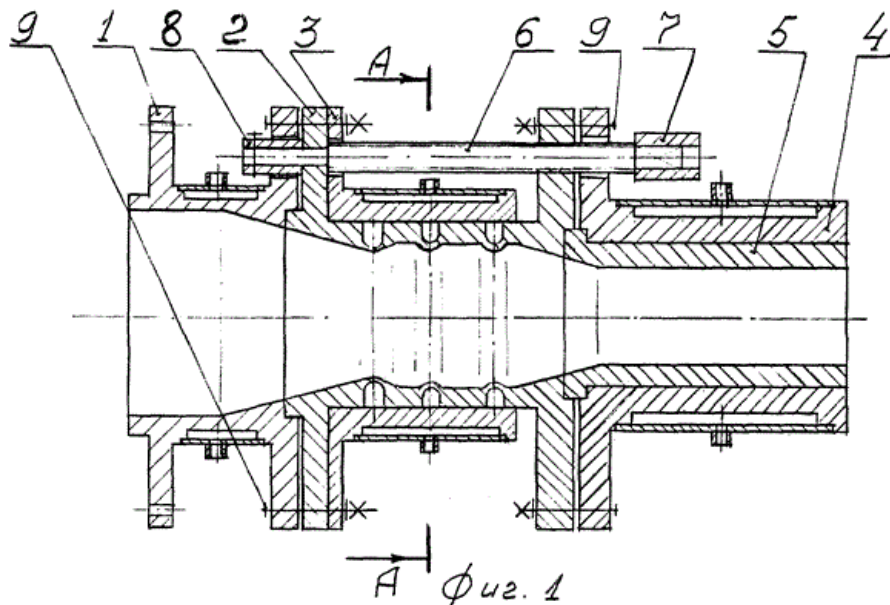


Рисунок 5.2 – Екструзійна голівка з модернізацією Патент 4

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.01.7246.01-70ПЗ					

Винахід відноситься до хімічного машинобудування, і може бути використано при виготовленні різних профільних виробів із пластмас методом екструзії.

Головка містить корпус 1 з підводним каналом, корпус 2 з регулюючим каналом, забезпечений кільцевими канавками і виступами, втулку направляючу 3, корпус 4 фільтри, фільтру 5 з формуючим каналом, гвинт 6, головку-ключ 7, втулку-стопор 8, болти 9. На рис. 5.3 зображений розріз А-А цієї головки.

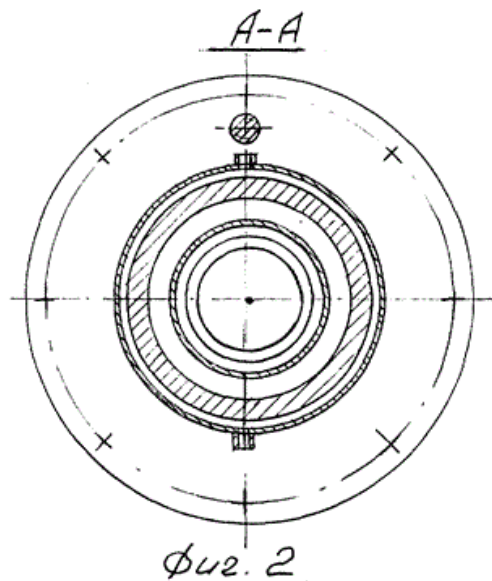


Рисунок 5.3 – Розріз А-А екструзійної головки з модернізацією Патент 4

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.01.7246.01-70ПЗ					

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – система збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі трудової діяльності, що включає в себе правові, соціально-економічні, організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи.

Тема дипломного проектування: агрегат для виробництва труб з модернізацією екструдера. Установку параметрів технологічного процесу та контроль здійснює оператор лінії. Пульти оператора знаходяться в виробничому приміщенні на відстані 3м від живильника, площа цеху  $S = 800 \text{ м}^2$ , об'єм  $V=4800 \text{ м}^3$ . Для утворення сприятливих умов та забезпечення безпеки робочого персоналу під час виробництва необхідно провести ряд заходів для виявлення шкідливих та небезпечних факторів. Машини та механізми, що проектуються, повинні відповідати вимогам техніки безпеки та виробничій санітарії. Зразок нової машини не може бути переданий у серійне виробництво доки не буде відповідати вимогам охорони праці.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є:

- повітря робочої зони ;
- виробничий шум,
- промислове освітлення;
- пожежна небезпека.

					ЛП71.01.7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.1 Повітря робочої зони

Робота операторів на пересувній установці відноситься до важкої фізичної роботи через те, що установка розташована в умовах шуму, пилу, робота проводиться в 2 зміни. Енерговитрати за таких умов праці складають більш 291-349 Дж/с (251-300 ккал/год.), тому у зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персонала в закритому приміщенні.

Оптимальні і фактичні значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведені у таблиці 1 (ГОСТ 12.1.005-88).

Таблиця 1

Оптимальні та фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні.

Сезон року	Категорія робіт – III					
	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.
холодний	19-25	19-20	Не більше 75	40-65	Не більше 0,2	0,2
теплій	19-25	20-25	Не більше 75	40-70	Не більше 0,2	0,2

Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70-90 °С, а в теплий час року вентиляцією.

Під час експлуатації лінії відбувається викид токсичних речовин - газів, пилу з відкритих резервуарів або через витоки технологічного обладнання, з завантажувального бункера, тому для видалення цих шкідливих компонентів встановлюється місцева вентиляція, а в цеху також встановлюється загальнообмінна вентиляція відповідно до ДБН В.2.5-67:2013.

					ЛП71.01.7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залежно від технологічного процесу компонентами для виготовлення полімерних труб можуть бути, не тільки полімери, а й різноманітні барвники для покриття труб.

Ефективна робота витяжки можлива лише в тому випадку, якщо об'єм повітря, що витікає, менший за об'єм висмоктуюваного повітря. В якості вентиляції використовуємо витяжний зонт.

Приймаємо вісьовий вентилятор МЦ-4:

продуктивність якого  $J_v = 1200 \text{ м}^3/\text{Г}$ ,

розвинутий повний тиск  $H_v = 65 \text{ Па}$ ,

кількість обертів колеса  $n = 930 \text{ об/хв}$ ,

ККД  $\eta = 0,42$ .

Підбираємо електродвигун для вентилятора.

Необхідна потужність на валу електродвигуна знаходиться за формулою:

$$N = \frac{1200 \cdot 65}{3600 \cdot 102 \cdot 0,42 \cdot 0,7} = 0,72 \text{ кВт}.$$

Потужність електродвигуна  $N_d$  розраховується з коефіцієнтом запасу 1,5

Приймаємо електродвигун потужністю  $N = 1,1 \text{ кВт}$  з кількістю обертів  $n = 930 \text{ об/хв}$ .

Щоб видалити шкідливі речовини над завантажувальним бункером та екструзійною голівкою, встановлюються витяжки, які характеризуються тим, що між джерелом і приймачем є простір, захищений від навколишнього середовища.

					<i>ЛП71.01.7246.01-70ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2 Освітлення

Правильно спроектоване та виконане освітлення на підприємствах забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. Зберігання зору, стану нервової системи людини та безпека на виробництві у значній мірі залежить від умов освітлення.

Санітарні норми вимагають максимально можливого використання природного освітлення приміщень, збільшуються шанси захистити організм, стимулюється й нормалізується робота різних його систем.

В денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом, тому для цього вибирається бокове освітлення, через світлові прорізи в зовнішніх стінах.

Робота з обслуговування обладнання відноситься до VI розряду підрозряду «а», тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце оператора повинно мати освітленість робочої зони  $E_{\text{нор}}=150$  лк. Обладнання працює в 3 зміни, виробництво безперервне.

Розрахунок освітлення в даному випадку буде виконуватися для темного часу доби, застосовуючи тільки загальну освітленість люмінесцентними лампами ЛДЦ-40, потужністю 40 Вт, світловим потоком  $F = 2100$  лм і освітленістю  $E_{\phi} = 100$  лк.

Загальне рівномірне освітлення горизонтальної поверхні при світильниках любого типу буде розраховано за методом коефіцієнта використання світлового потоку. Визначивши світловий потік однієї лампи, вибираємо лампу накаливання типу Г потужністю 500 Вт, світловим потоком  $F=8300$  лм (з відхиленням від розрахункового світлового потоку на 8%, що допускається) при напрузі 220 В.

Тоді фактична освітленість буде  $E_{\phi}=170$  лк, що і відповідає ДБН В.2.5-28:2018.

					<i>ЛП71.01.7246.01-70ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3 Виробничий шум

Джерелом шуму при роботі лінії є:

- Редуктори;
- Вентилятори;
- Система охолодження.

У результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму  $L_{вдж} = 100$  дБА.

Це означає прийняття наступних обмежень для захисту від виробничого шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться, наявність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів.

Це забезпечить зниження рівня шуму на  $\Delta L = 30$  дБА.

Також джерелами вібрації є електродвигун та частини лінії що обертаються.

Сила вібрації починається з неточності встановлення обертових деталей, з нещільним з'єднанням тіл обертових деталей до фундаменту.

У цьому випадку виникає технологічна вібрація, яка проходить через несучі поверхні до оператора. Робітник трохи піддається вібрації, оскільки він знаходиться далеко від основи машини - біля пульта управління. Таким чином, нормальна вібрація не впливає на організм оператора. Рівень технологічної вібрації у виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ГОСТу 12.1.012-2004.

					ЛП71.01.7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.4 Пожежна безпека

У виробничому цеху, де працює технологічна лінія з полімерних труб, може вирватися наступне: змащена ганчірка, машинне масло, електропроводка, електрообладнання.

Крім того, беручи до уваги, що сировиною для виробництва труб є полімери, при перевищенні певних порогових температур деякі його компоненти можуть спалахнути:

- При перевищенні 120 °С – формальдегід, ацетальдегід, ацетон, метиловий спирт, кетони, окис та двоокис вуглецю;
- При перевищенні 150 °С – кислоти, ефіри, альдегіди, перекисні сполучення.

На основі цього: приміщення, де знаходиться лінія відноситься до категорії „В” ДСТУ Б В.1.1-36:2016, і класу зони П-Па ( ПУЕ ), ступінь вогнестійкості III згідно ДБН В.1.1-7:2016.

Можливі причини пожежі:

- струм, перевантаження, великі перехідні опори;
- несправність електрообладнання;
- іскри при електро- і газозварювальних роботах.

Заходи по попередженню пожежі передбачають вибір незгоряємих матеріалів, а також організаційні заходи.

В якості засобів гасіння пожежі використовують порошкові вогнегасники САМ – 9 (84 шт.). Для гасіння включених електромереж приймаємо порошкові вогнегасники ОП-10 (10 шт.).

На верхній сферичній частині кожного балона мають бути чітко нанесені тавруванням наступні дані:

- Товарний знак заводу-виробника;
- Номер балона по системі нумерації підприємства-виробника;
- Дата виготовлення(випробування) і рік наступного випробування;

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.01.7246.01-70ПЗ				

- Вид термообробки;
- Робочий тиск та пробний гідравлічний тиск;
- Об`єм балона;
- Маса балона;
- Клеймо ОТК.

На момент пожежі працює пожежна сигналізація - теплові попереджувальні пристрої, такі як аварії. У разі пожежі люди повинні вийти з приміщення. Згідно до СНиП 2.09.02-85. в приміщенні є два евакуаційні виходи. Сам цех - це приміщення, розташоване на першому поверсі; ширина шляхів евакуації - не менше одного метра, а двері на маршруті евакуації - не менше 0,8 м.

					<i>ЛП71.01.7246.01-70ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Під час роботи виникає складність регулювання для зміни опору по перетину регулюючого каналу дроселюючим пристроєм із застосуванням багаторядного комплексу загвинчуваних елементів, що практично виключає можливість застосування дистанційного регулювання при веденні безперервного технологічного процесу. Крім того, при переміщенні загвинчуваних елементів дросельного пристрою можливий вихід екструдата в зазори дроселюючого пристрою і його защемлення, при якому можливий місцевий розігрів і розкладання екструдата, що неприпустимо для деяких типів пластмас.

Конструкція модернізованої екструзійної головки передбачає що в екструзійній голівці для формування профільних виробів з пластмас, що містить корпус з підводним, регулючим і фільтру з формуючим каналами, регулюючий канал виконаний в окремому корпусі, вмонтованому між підводним і формуючим каналами і забезпеченому кільцевими канавками, відкритими на зовнішній поверхні корпусу, і кільцевими виступами на його внутрішній поверхні з можливістю розтягування-стиснення при осьовому переміщенні корпусу в направляючої втулці від зусилля, прикладеного до торця корпусу регулюючого каналу зі зміною його поперечного перерізу.

Використання запропонованої конструкції екструзійної головки забезпечує покращення умов регулювання, можливість дистанційного регулювання під час неперервної експлуатації екструдера, а також уникнення защемлення екструдата в процесі регулювання. Таким чином підвищуються техніко-економічні показники машини, оскільки зменшуються витрати на її експлуатацію та обслуговування.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.01.7246.01-70ПЗ

## ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту на тему «Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструдера» вивчено призначення та конструкцію екструдера, який використовується для виробництва труб з поліетилену низького тиску.

В ході виконання роботи проаналізовано технічні характеристики екструдера ЧП-32. На основі аналізу виконано літературно-патентний пошук для подальшої модернізації екструдера. Обрано патент №2 177 411, на основі якого розроблено модернізацію екструзійної головки ЧП-32. Запропонована удосконалена конструкція екструзійної головки передбачає поліпшення умов регулювання для зміни опору по перетину регулюючого каналу і забезпечення можливості переходу на дистанційне регулювання при необхідності ведення безперервного процесу екструдкування, а також виключення можливості защемлення екструдата в процесі регулювання.

У розділі «Охорона праці» виявлено небезпечні фактори під час роботи екструдера для персоналу, який обслуговує машину. На основі виявлених шкідливих факторів та небезпек розроблено шляхи їх подолання, що відповідають встановленим санітарним нормам.

Також розглянуто механіко-економічні показники обраної модернізації екструдера у вигляді модернізованої екструзійної головки, які підтверджують доцільність обраного рішення та його ефективність під час роботи екструдера.

					ЛП71.01.7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Розрахунки**  
**До дипломного проекту**  
**на тему: «Агрегат для виробництва труб з**  
**модернізацією екструдера»**

Київ – 2021 рік

## ЗМІСТ

1. Розрахунки, які підтверджують працездатність екструдера ЧП-32.....	2
1.1 Розрахунок геометричних параметрів черв'яка екструдера.....	2
1.2 Розрахунок черв'яка на міцність.....	4
1.3 Розрахунок корпусу екструдера.....	6
1.4 Розрахунок коефіцієнта геометричної головки екструдера.....	9
1.5 Розрахунок продуктивності черв'яка.....	10
1.6 Розрахунок перепаду тиску в екструзійній головці.....	13
1.7 Розрахунок витрат потужності.....	15
2. Розрахунок модернізації.....	17
2.1 Розрахунок в ANSYS.....	17
Висновки.....	21

					<i>ЛП71.01.7246.02-70PP</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструдера	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Бабюшкіна М. С.					1	
Перевір.		Гур'єва Л. Н.				<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>		
Н. Контр.								
Затверд.		Гондляр О.В						

# 1 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЕКСТРУДЕРА ЧП-32

## 1.1. Розрахунок геометричних параметрів черв'яка екструдера

Діаметр черв'яка є основним параметром, що характеризує продуктивність черв'ячного пресу.

В даному дипломному проєкті використовується ЧП з черв'яком, зовнішній діаметр якого  $D=32\text{мм}$ , відношення довжини робочої частини до його діаметра, для переробки ПНТ приймаємо  $25D$ .

Інші параметри шнека обираються в залежності від сировинного матеріалу. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є поліетилен низького тиску, базові параметри черв'яка обчислюються виходячи з залежностей представлених нижче.

**Мета:** визначення параметричних розмірів черв'яка

1. Загальна довжина черв'яка:

$$l_p = D \cdot (l_p / D) = 32 \cdot 25 = 800 \text{ мм.}$$

2. Довжина зони дозування  $l_d$ :

$$l_d = (0,4 \div 0,6) \cdot l_p = 0,4 \cdot 800 = 320 \text{ мм.}$$

3. Довжина зони завантаження  $l_3$ :

$$l_3 = (0,25 \div 0,35) \cdot l_p = 0,25 \cdot 800 = 200 \text{ мм.}$$

4. Довжина зони пластикації  $l_{\text{п}}$ :

$$l_{\text{п}} = 0,35 \cdot l_p = 0,35 \cdot 800 = 280 \text{ мм.}$$

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

$$t = (0,8 \div 1,2) \cdot D = 1 \cdot 32 = 32 \text{ мм.}$$

6. Ширина витка  $e$ :

$$e = (0,08 \div 0,12) \cdot D = 0,08 \cdot 32 = 2,56 \text{ мм.}$$

7. Глибина нарізки в зоні завантаження  $h_1$ :

$$h_1 = (0,1 \div 0,14) \cdot D = 0,12 \cdot 32 = 3,84 \text{ мм.}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.01.7246.02-70PP

8. Глибина нарізки в зоні дозування  $h_2$ :

$i = 1,5 \dots 4$ ;

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0,5 \cdot \left[ 32 - \sqrt{32^2 - \frac{4 \cdot 3,84}{2} (32 - 3,84)} \right] = 1,79 \text{ мм.}$$

9. Зазор між гребнем черв'яка і корпусом

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

$$\delta = 0,002 \cdot D = 0,002 \cdot 32 = 0,064 \text{ мм.}$$

					ЛП71.01.7246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. Розрахунок черв'яка на міцність

**Мета:** перевірка черв'яка на міцність

Вихідні дані:

Потужність приводу  $N=12$  кВт

Частота обертання черв'яка  $n=100$  об/хв

Тиск розплаву  $P=15$  МПа

Момент обертання черв'яка:

$$M_{об} = \frac{9500 \times N}{n} = \frac{9500 \times 12}{100} = 1140 \text{ Нм}$$
$$P'_{ос} = \frac{2M_{об}}{D} \times tg \varphi = \frac{2 \times 1140}{32} \times tg(0,133) = 9.5 \times 10^3 \text{ Н}$$
$$P''_{ос} = \frac{\pi D^2}{4} \times P = \frac{\pi \times 32^2}{4} \times 15 = 12058 \text{ Н}$$

Обираємо  $P$  те, яке має більше значення.  $P'_{ос} < P''_{ос}$ . Отже, приймаємо  $P''_{ос} = 12058$  Н.

Вага гвинтової частини черв'яка

$$G = \frac{\pi \times D^2}{4} \times \rho \times l = \frac{\pi \times 0,032^2 \times 7800 \times 0,8}{4} = 5,02 \text{ кг}$$

Осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \times d_1^3 \times (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3.14 \times 0.032^3 \times (1 - 0.47^4)}{32} = 3.1 \times 10^{-6}$$

Стисне напруження:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{12058}{6,3 \times 10^{-4}} + \frac{19.7}{3,1 \times 10^{-6}} = 25\,494\,521 \text{ Па}$$
$$M_{max} = \frac{1}{2} \times q \times l_p^2 = \frac{1}{2} \times 61.6 \times (0.8)^2 = 19.7 \text{ Нм}$$
$$q = \frac{9.81 \times G}{l_p} = \frac{9.81 \times 5.02}{0.8} = 61.6 \text{ Н/м}$$

Площа небезпечного перерізу:

$$F = \frac{\pi \times d_1^2}{4} \times (1 - \alpha^2) = \frac{\pi \times 0.032^2}{4} (1 - 0.47^2) = 6,3 \times 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0.015}{0.032} = 0.47$$

$d_0$  – діаметр осердя в зоні завантаження

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.01.7246.02-70PP				

Дотичне напруження

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{1140}{6.1 \times 10^{-6}} = 186\,885\,246 \text{ Па}$$
$$W_p = \frac{\pi \times d_1^3 \times (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{\pi \times 0.032^3 \times (1 - 0.47^4)}{16} = 6.1 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \times \tau^2} = \sqrt{25\,494\,521^2 + 4 \times 186\,885\,246^2} =$$
$$= 374\,638\,961 \text{ Па} = 375 \text{ МПа}$$

					ЛП71.01.7246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3. Розрахунок корпусу екструдера

**Мета:** перевірка корпусу на міцність

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр гільзи  $D_1 = 32$  мм

Зовнішній діаметр гільзи  $D_2 = 50$  мм

Зовнішній діаметр корпусу  $D_3 = 65$  мм

Межа плинності матеріалу гільзи  $\sigma_{T_r} = 850$  МПа

Межа плинності матеріалу корпусу  $\sigma_{T_k} = 250$  Мпа

Потужність приводу  $N = 12$  кВт

Тиск розплаву  $P = 15$  МПа

ККД розплаву  $\eta = 0,92$

Осьова сила:

$$Q = \frac{P \times \pi \times D^2}{4} = \frac{15 \times 3.14 \times 32^2}{4} = 12.1 \times 10^3 \text{ Н}$$

Осьове напруження, що розтягує:

$$\sigma_z = \frac{Q}{S} = \frac{4 \times Q}{\pi \times (D_3^2 - D_2^2)} = \frac{4 \times 12.1 \times 10^3}{\pi \times (0.065^2 - 0.032^2)} = 4.8 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Момент обертання, що діє на циліндр:

$$M_{кр} = 30 \times \frac{N}{n \times \pi} = 30 \times \frac{12}{100 \times \pi} = 1.15 \text{ кНм}$$

Відношення діаметрів:

$$\alpha = \frac{D_1}{D_3} = \frac{0,032}{0,065} = 0.49$$

					<i>ЛП71.01.7246.02-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Полярний момент опору:

$$W = \frac{\pi \times D_3^3}{16} \times (1 - \alpha^4) = \frac{\pi \times 0.065^3}{16} \times (1 - 0.49^4) = 5.1 \times 10^{-5} \text{ м}^3$$

Дотичні напруження при обертанні :

$$\tau_{об} = \frac{M_{об}}{W} = \frac{1.15 \times 10^3}{5.1 \times 10^{-5}} = 22,5 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

Приведена напруга по третій теорії міцності :

$$\begin{aligned} \sigma_{пр} &= \sqrt{\sigma_z^2 + 4 \times \tau_{об}^2} = \sqrt{(4.8 \times 10^6)^2 + 4 \times (22,5 \times 10^6)^2} = \\ &= 45,3 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

Запас міцності:

$$n = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{пр}} = \frac{850 \times 10^6}{45,3 \times 10^6} = 18.8 > [n]$$

Осьові напруження, що виникають у корпусі:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{R_2^2}{(R_3^2 - R_2^2)} \left( 1 - \frac{R_3^2}{R_1^2} \right) P \\ &= \frac{0.025^2}{(0.0325^2 - 0.025^2)} \left( 1 - \frac{0.0325^2}{0.016^2} \right) \times 15 \times 10^6 \\ &= -68 \times 10^6 \text{ Па} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\theta} &= \frac{R_2^2}{(R_3^2 - R_2^2)} \left( 1 + \frac{R_3^2}{R_1^2} \right) P \\ &= \frac{0.025^2}{(0.0325^2 - 0.025^2)} \left( 1 + \frac{0.0325^2}{0.016^2} \right) \times 15 \times 10^6 \\ &= 111.4 \times 10^6 \text{ Па} \end{aligned}$$

Осьові напруження, що виникають на внутрішній поверхні:

$$\sigma_r = -P = -15 \text{ МПа}$$

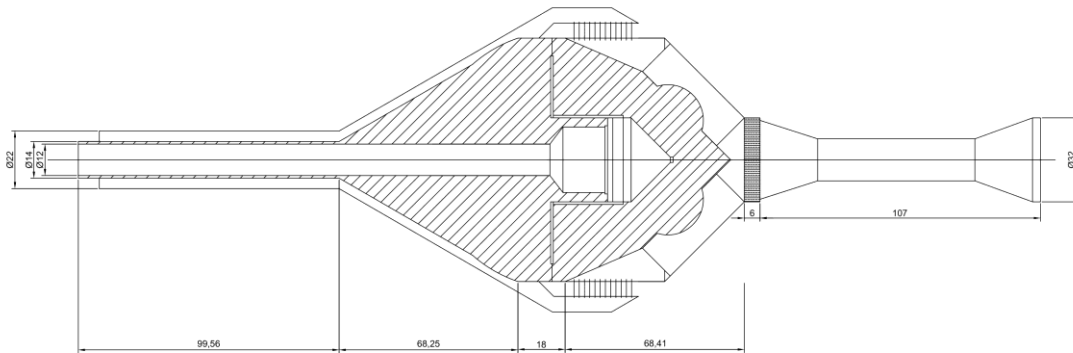
									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.01.7246.02-70PP				



## 1.4. Розрахунок коефіцієнта опору геометричної головки екструдера

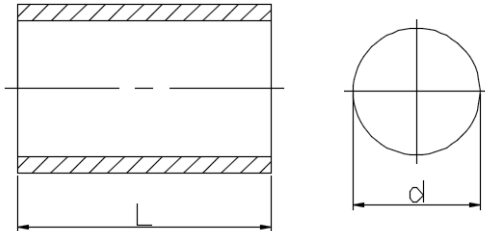
**Мета:** визначити загальний коефіцієнт опору геометричної головки екструдера

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



### 1. 120 круглих циліндричних отворів:

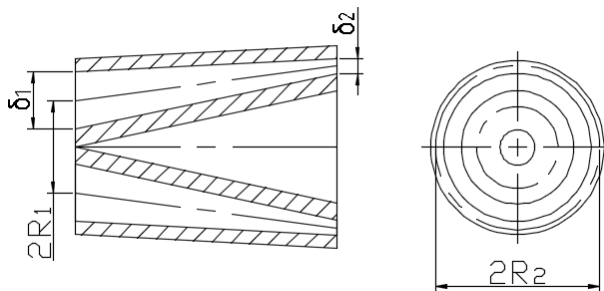
$L = 6$  мм;  $d = 2$  мм.



$$K_1 = \frac{\pi d^4}{128L} \cdot 120 = \frac{3.14 \cdot 2^4}{128 \cdot 6} \cdot 120 = 7,85 \text{ мм}^3.$$

### 2. Конічний кільцевий з конічною щілиною:

$L = 69$  мм;  $R_1 = 11,05$  мм;  $R_2 = 46,5$  мм;  $\delta_1 = 21,2$  мм;  $\delta_2 = 5,7$  мм.



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

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.01.7246.02-70PP				





## 1.5. Розрахунок продуктивності черв'яка

**Мета:** визначення продуктивності роботи черв'яка

Вихідні дані:

Діаметр черв'яка  $D=32$  мм

Крок нарізки витків  $t=32$  мм

Ширина витка  $e=2,56$  мм

Глибина нарізки в зоні дозування  $h_2=1,79$  мм

Зазор між гребнем черв'яка і корпусом  $\delta=0,064$  мм

Коефіцієнт опору геометричної форми головки  $K_{\text{зар}}=0,6410$  мм<sup>3</sup>

Довжина зони дозування черв'яка  $l_d=400$  мм

Густина ПНТ  $\rho=960$  кг/мм<sup>3</sup>

1. Кут нахилу лінії нарізки:

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi D} = \arctg \frac{32}{3,14 \cdot 32} = 0,308 \text{ рад.}$$

2. Коефіцієнт прямого потоку:

$$\alpha = \frac{\pi D h_2 (t - e) \cos^2 \varphi}{2} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 1,79 \cdot (32 - 2,56) \cdot \cos^2(0,308)}{2} = 2\,635,7 \text{ мм}^3.$$

3. Коефіцієнт зворотного потоку:

$$\beta = \frac{h_2^3 (t - e) \sin 2\varphi}{24 l_d} = \frac{1,79^3 \cdot (32 - 2,56) \cdot \sin(2 \cdot 0,308)}{24 \cdot 400} = 0,01022 \text{ мм}^3.$$

4. Коефіцієнт потоку витоків:

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \cdot \text{tg} \varphi \cdot \sin \varphi}{10 e \cdot l_d} = \frac{3,14^2 \cdot 32^2 \cdot 0,064^3 \cdot \text{tg}(0,308) \cdot \sin(0,308)}{10 \cdot 2,56 \cdot 400} = 0,00002526 \text{ мм}^3.$$

5. Об'ємна секундна продуктивність:

$$Q = \frac{\alpha K \eta}{K + \beta + \gamma} = \frac{246,35 \cdot 0,6410 \cdot 2}{0,6410 + 0,01022 + 0,00002526} = 5188,5 \text{ мм}^3/\text{с.}$$

6. Вагова продуктивність

$$\Pi = 3600 \cdot Q \cdot \rho \cdot 10^{-9} = 3600 \cdot 5188,5 \cdot 960 \cdot 10^{-9} = 18 \text{ кг/год.}$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.01.7246.02-70PP

## 1.6 Розрахунок перепаду тиску в екструзійній головці

**Мета:** визначення загального перепаду тиску в головці екструдера

Вихідні дані:

Матеріал – ПНТ

$$t = 124^{\circ}\text{C}, \quad \eta = 4461,3 \times \gamma^{-0,532}$$

1) Циліндрична кругла зона: 120 отворів,  $d = 2$  мм,  $K_1 = 7.85$  мм<sup>3</sup>

$$\gamma_1 = \frac{32 \times Q}{\pi \times d^3 \times 44} = \frac{32 \times 485}{\pi \times 2^3 \times 120} = 5.14 \text{ c}^{-1}$$

$$\eta = 4461,3 \times \gamma^{-0,532} = 4461,3 \times 5.14^{-0,532}$$
$$\eta = 1867,36 \text{ Па} \times \text{c}$$

$$\Delta P_1 = \frac{485 \times 1867,36}{7.85} = 115372 \text{ Па}$$

2) Конічна кругла зона:

$R1 = 11,05$  мм,  $R2 = 46,5$  мм.,  $\delta1 = 21,2$  мм,  $\delta2 = 5,7$  мм,  $K = 300,4$  мм<sup>3</sup>

$$\gamma_2 = \frac{22,32 \times Q}{\pi \times (R1 + R2) \times (\delta1 + \delta2)^2} = \frac{22,32 \times 485}{\pi \times (11,05 + 46,5) \times (21,2 + 5,7)^2}$$
$$= 0,083 \text{ c}^{-1}$$

$$\eta = 4461,3 \times \gamma^{-0,532} = 4461,3 \times 0,083^{-0,532}$$
$$\eta = 16769,2 \text{ Па} \times \text{c}$$

$$\Delta P_2 = \frac{485 \times 16769,2}{300,4} = 27074 \text{ Па}$$

3) Циліндрична кругла зона:  $R1 = 16$  мм,  $R2 = 11$  мм,  $K_3 = 9,8$  мм<sup>3</sup>

$$\gamma_3 = \frac{5,58 \times Q}{\pi \times (R1 + R2) \times (R2 - R1)^2} = \frac{5,58 \times 485}{\pi \times (16 + 11) \times (11 - 16)^2} = 1,28 \text{ c}^{-1}$$

$$\eta = 4461,3 \times \gamma^{-0,532} = 4461,3 \times 1,28^{-0,532}$$

$$\eta = 3912,24 \text{ Па} \times \text{c}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛП71.01.7246.02-70PP

$$\Delta P_3 = \frac{485 \times 3912,24}{9,8} = 193614 \text{ Па}$$

4) Конічна кругла зона:  $R1 = 11 \text{ мм}$ ,  $R2 = 46,4 \text{ мм}$ .,  $\delta1 = 19 \text{ мм}$ ,  $\delta2 = 15 \text{ мм}$ ,  $K = 821,7 \text{ мм}^3$

$$\gamma_4 = \frac{22,32 \times Q}{\pi \times (R1 + R2) \times (\delta1 + \delta2)^2} = \frac{22,32 \times 485}{\pi \times (11 + 46,4) \times (19 + 15)^2} = 0,052 \text{ с}^{-1}$$

$$\eta = 4461,3 \times \gamma^{-0,532} = 4461,3 \times 0,052^{-0,532}$$

$$\eta = 21505,41 \text{ Па} \times \text{с}$$

$$\Delta P_2 = \frac{485 \times 21505,41}{821,7} = 10630 \text{ Па}$$

5) Циліндрична кругла зона:  $R1 = 11 \text{ мм}$ ,  $R2 = 7 \text{ мм}$ ,  $K_3 = 0,819 \text{ мм}^3$

$$\gamma_3 = \frac{5,58 \times Q}{\pi \times (R1 + R2) \times (R2 - R1)^2} = \frac{5,58 \times 485}{\pi \times (11 + 7) \times (7 - 11)^2} = 3 \text{ с}^{-1}$$

$$\eta = 4461,3 \times \gamma^{-0,532} = 4461,3 \times 3^{-0,532}$$

$$\eta = 2486,75 \text{ Па} \times \text{с}$$

$$\Delta P_5 = \frac{485 \times 2486,75}{0,819} = 1599567 \text{ Па}$$

Визначаємо загальний перепад тиску

$$\Delta P = \sum \Delta P = 1946138 \text{ Па} = 1,95 \text{ Мпа}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛП71.01.7246.02-70PP





## 2 РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ

### 2.1 Розрахунки в ANSYS

Метод скінченних елементів (МСЕ) є потужним і надійним засобом дослідження поведінки конструкцій в умовах різних навантажень і закріплень. А в даний час на ринку програмного забезпечення існує велика кількість комплексів МСЕ, в тому числі ANSYS, NASTRAN, ABAQUS та інші.

Для розрахунку було взято формуючу головку, з червячної машини. Для того, щоб показати зусилля, які діють на неї і переконатися, що дана деталь витримає задані навантаження. Розрахунки виконані в середовищі ANSYS Workbench з попередньо побудованою 3D моделлю в програмному комплексі SOLIDWORKS.

Вихідні дані:

Матеріал головки екструдера – Сталь

- Модуль пружності  $E=2 \cdot 10^5$  МПа
- Границя текучості  $\sigma_T=460$  МПа
- Коефіцієнт Пуассона  $\nu=0,3$
- Густина  $\rho=7850$  кг/м<sup>3</sup>

					ЛП71.01.7246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

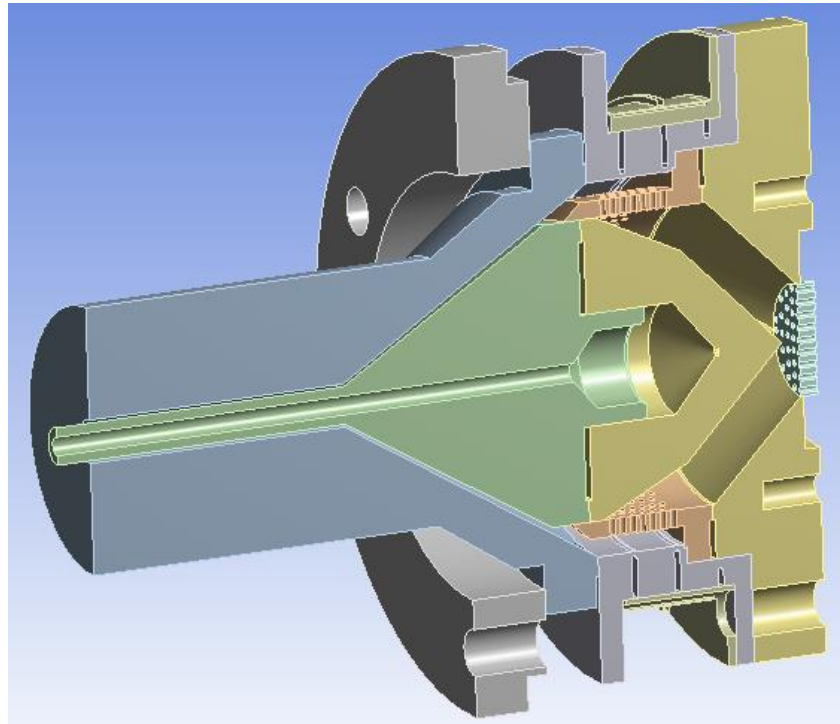


Рис. 2.1 – 3D модель головки екструдера

Розбиваємо модель на скінченні елементи.

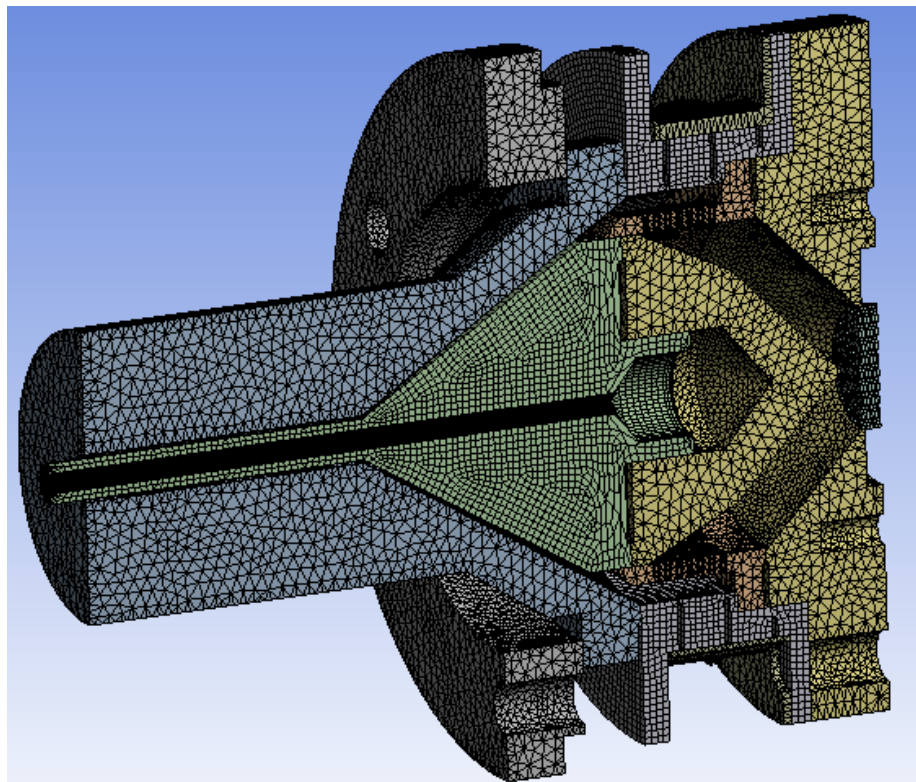


Рис 2.2 – Сітка скінченних елементів деталі

Навантажуємо нашу деталь у 10 МПа (максимальне навантаження, яке витримує деталь).

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.01.7246.02-70PP				

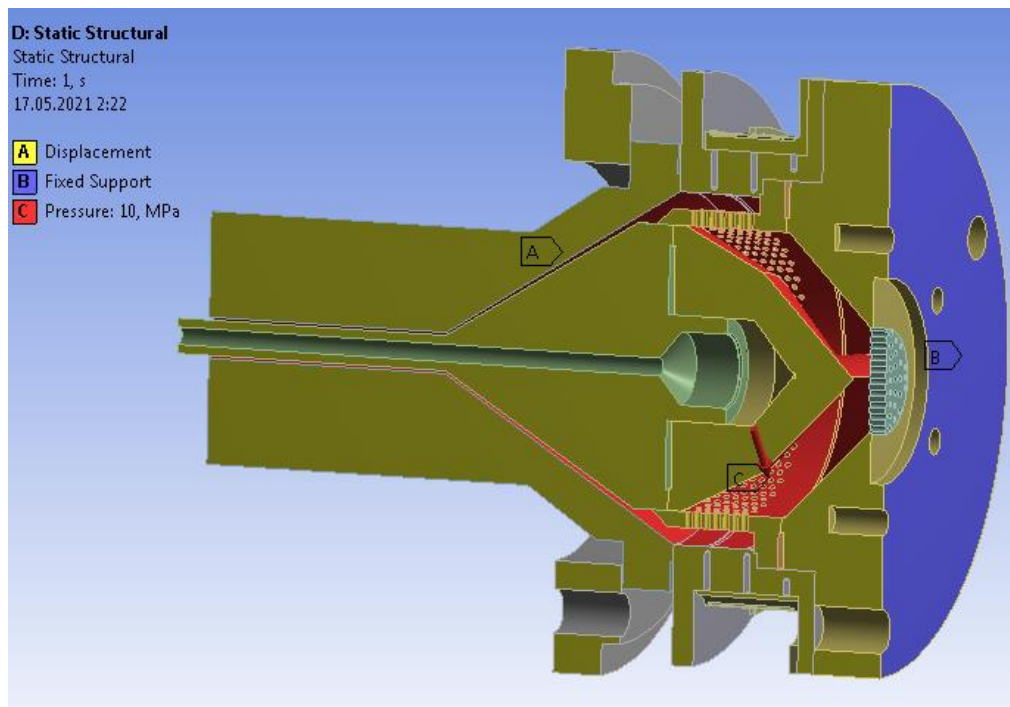


Рис 2.3 – Схема закріплень та навантажень головки

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

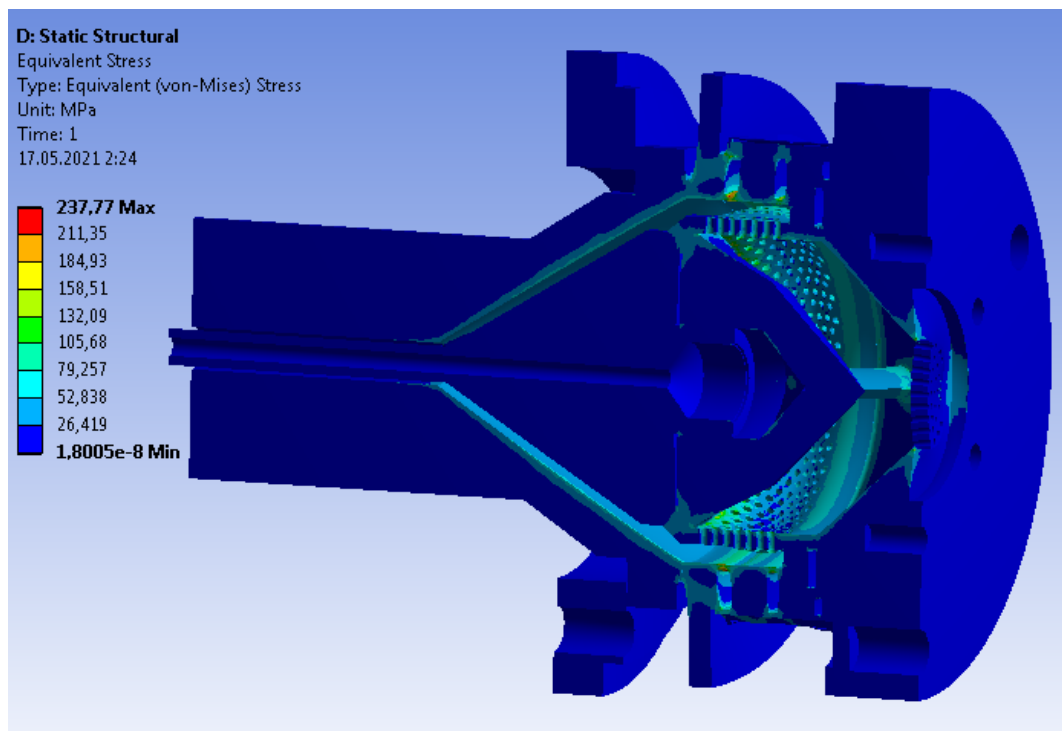


Рис 2.4 – Еквівалентні напруження

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП71.01.7246.02-70PP					



## ВИСНОВКИ

Перевірили деталь на еквівалентні напруження, деформації і на коефіцієнт запасу міцності. Згідно розрахункам, отримане максимальне значення еквівалентного напруження порівнюючи з допустимим значенням сталі є в діапазоні допустимого  $237,77 \text{ МПа} \leq 300 \text{ МПа}$ . Також згідно показникам коефіцієнту запасу міцності – 1,05 , умова міцності виконується. Отже деталь є працездатною.

					ЛП71.01.7246.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Технологія машинобудування**  
**дипломного проекту**  
**на тему: «Агрегат для виробництва труб з**  
**модернізацією екструдера»**

Київ – 2021 рік

## ЗМІСТ

1.	Технологічний процес виготовлення деталі.....	2
1.1	Опис та призначення напівмуфти.....	2
1.2	Вибір заготовки для виготовлення напівмуфти.....	2
1.3	Технологічний процес виготовлення напівмуфти.....	3
2.	Вибір та розрахунок пристосування.....	6
2.1	Опис конструкції і принципу роботи.....	6
2.2	Розрахунок сил закріплення.....	7
Висновок .....		9

					<i>ЛП71.01.7246.03-70TE</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Бабюшкіна М. С.</i>			<i>Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструдера</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Гур'єва Л. Н.</i>					1	
<i>Н. Контр.</i>					<i>КПІ ім.Ігоря Сікорського</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Гондляр О.В</i>						

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

## 1.1 Опис та призначення напівмуфти

Напівмуфта відноситься до класу деталей «диски» - тіла обертання, в яких діаметр більше за ширину. Дана напівмуфта виготовляється зі сталі марки 40Л (ГОСТ 977-88).

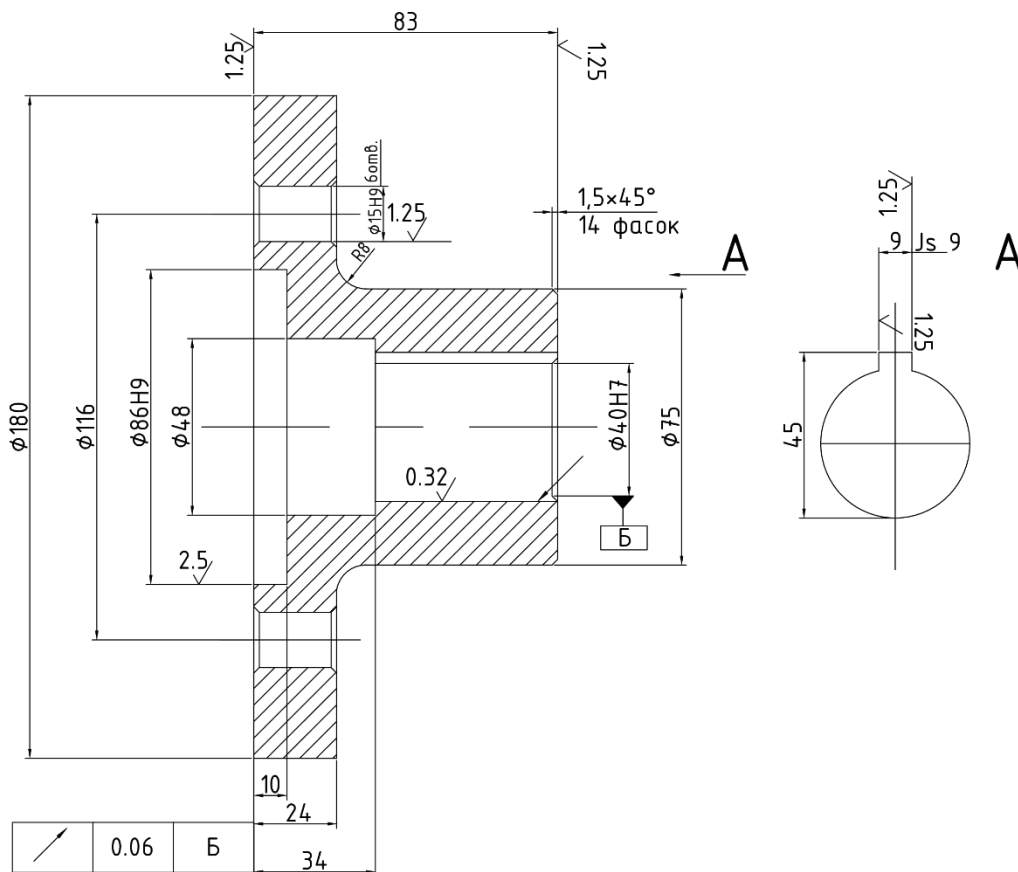


Рис. 3.1 – Креслення деталі

## 1.2 Вибір заготовки для виготовлення напівмуфти

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції півмуфти робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати литу заготовку. З усіх способів утворення литих заготовок у розглянутому випадку можна застосувати лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛП71.01.7246.03-70TE

за металевими моделями, лиття в оболонкові форми, лиття за моделями, які виплавляються, і лиття в металеві форми (кокілі). Три останні способи дозволяють забезпечити більшу якість виливків, ніж лиття в піщано–глинисті форми, але вони вимагають більших затрат на виготовлення ливарного оснащення та організацію ділянки і більш складні.

Враховуючи розміри і матеріал піфмуфти, невисокі вимоги до якості виливків і найменшу вартість лиття в піщано–глинисті форми, заготовку будемо створювати литтям у сирі форми із формувальних сумішей з вологістю від 3,5 до 4,52% і міцністю від 60 до 120 кПа (від 0,6 до 1,2 кгс/см ) з рівнем ущільнення до твердості, не нижчої 70 одиниць (див. ГОСТ 26645–85).  
Формування машинне за металевими моделями.

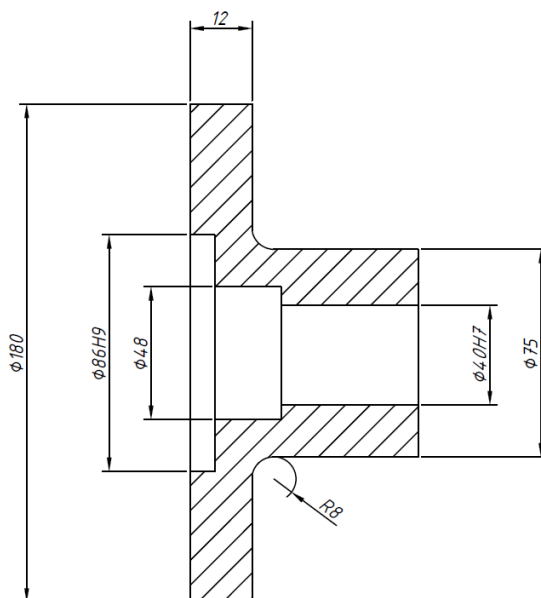


Рис. 3.2 – Заготовка деталі

### 1.3 Технологічний процес виготовлення напівмуфти

Технологічний процес виготовлення напівмуфти наведено в маршрутних картах, картах ескізів та операційних картах.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП71.01.7246.03-70TE

Інв. № ориг.		Підпис та дата		Зам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис та дата												
				<b>Маршрутна карта</b>				<b>Напівмуфта</b>				Літера								
<b>Матеріал</b>						<b>Заготовка</b>														
назва, марка						код		Код одиниць вимір	Маса деталі	Код та вид		профіль та розміри		код дет.	Маса		Од. нормування	Норма витрат	Коеф. вик. матеріалу	
Сталь 40Л																				
Номер			Назва та зміст операції						Обладнання (код, назва, інвентарний номер)		Приладдя та Допоміжний інструмент (код, назва)		Коеф. штучного часу	Кол. роб.	Кіл. оди. оброб. дет.	Код тариф. сітки	Об'єм производственной партии		Т виг.	
цеху	участку	Операції											Код професії						Розр. роб.	Од. нормування
005			<b>Токарна</b>						Токарно-гвинторізний		Шпindelь									
			Заготовка встановлюється у токарний трикулачковий патрон діаметром Ø75, при цьому торець Ø75 виступає установочною базою і забезпечує три опорні точки, а зовнішня поверхня Ø75 являється напрямною базою і забезпечує дві опорні точки.						16K20		Шпindelь конус Морзе 6 М80									
010			<b>Токарна</b>						Токарно-гвинторізний		Шпindelь									
			Заготовка встановлюється у токарний трикулачковий патрон діаметром Ø180, при цьому торець Ø180 виступає установочною базою і забезпечує три опорні точки, а зовнішня поверхня Ø180 являється напрямною базою і забезпечує дві опорні точки.						16K20		Шпindelь конус Морзе 6 М80									
												Розробив	Бабушкіна М.С.				Лист			
												Перевірив	Борцик С.О.				<b>1</b>			
																	Лист.			
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Н. контр.						2				



## 2 ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ

### 2.1 Опис конструкції і принципу роботи

За допомогою кондуктора можна обробляти найрізноманітніші за формою і розмірами деталі. Для обробки півмуфти використовуємо скальчатий кондуктор.

Скальчаті кондуктори мають рухливу кондукторну плиту, жорстко пов'язану з колонками-рейками, по яких плита рейковим механізмом, що діє від пневматики, піднімається на необхідну відстань для установки оброблюваної заготовки, при відпуску її заготовка закріплюється. На опорній площині корпусу кондуктора монтують елементи пристосування для установки заготовки, а в кондукторній плиті - відповідні напрямні втулки для ріжучого інструменту.

Стисле повітря використовується не тільки для затиску заготовок, але і для полегшення повороту рухомих деталей важких кондукторів.

					ЛП71.01.7246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Діаметр затискного гвинта:

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma}} = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{6400}{9 \cdot 10^7}} = 0,012 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр гвинта затискаючого механізму Tr 13x2.

					<i>ЛП71.01.7246.03-70TE</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення напівмуфти було виконано наступне:

– розглянуто службове призначення напівмуфти і її конструктивні особливості;

– проаналізовано технологічність напівмуфти та її заготовки;

– вибрано спосіб виготовлення заготовки і розроблено її ескіз;

– розроблено маршрут виготовлення напівмуфти;

– заповнено маршрутні і операційні карти з ескізами.

– було підібрано пристосування для виготовлення напівмуфти та виконаний розрахунок закріплення.

					ЛП71.01.7246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконано дипломний проект на тему «Агрегат для виробництва труб з модернізацією», метою якого було вивчення конструкції, призначення та принципу роботи екструдера для проведення його модернізації.

Принцип роботи екструдера розглянуто на прикладі його використання в технологічній лінії виробництва труб з поліетилену низького тиску. Проведено аналіз технологічних характеристик та параметрів роботи екструдера, в ході якого визначено переваги та недоліки машини під час її експлуатації. Визначено, що під час роботи виникає складність регулювання для зміни опору по перетину регулюючого каналу дроселюючим пристроєм із застосуванням багаторядного комплексу загвинчуваних елементів, що практично виключає можливість застосування дистанційного регулювання при веденні безперервного технологічного процесу. Крім того, при переміщенні загвинчуваних елементів дросельного пристрою можливий вихід екструдата в зазори дроселюючого пристрою і його защемлення, при якому можливий місцевий розігрів і розкладання екструдата, що неприпустимо для деяких типів пластмас.

Для вирішення цього недоліку проведено літературно-патентний огляд та обрано патент №2 177 411, на основі якого запропоновано модернізацію екструзійної головки. Дане рішення забезпечує поліпшення умов регулювання для зміни опору по перетину регулюючого каналу і забезпечення можливості переходу на дистанційне регулювання при необхідності ведення безперервного процесу екструдуювання, а також виключення можливості защемлення екструдата в процесі регулювання.

Розроблено розділ «Охорона праці» проаналізовано шкідливі фактори та небезпеки для життя та здоров'я персоналу під час експлуатації екструдера та визначено шляхи їх усунення.

Проаналізовано механіко-економічні показники, що підтверджують ефективність та доцільність обраної модернізації, а саме поліпшення умов

					ЛП71.01.7246.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулювання для зміни опору по перетину регулюючого каналу і забезпечення можливості переходу на дистанційне регулювання при необхідності ведення безперервного процесу екструдуювання, а також виключення можливості заземлення екструдата в процесі регулювання.

Виконано ряд розрахунків екструдера, які підтверджують працездатність обраної модернізації. В системі ANSYS виконано розрахунок на міцність модернізованої головки екструдера. Згідно результатам розрахунків модернізована головка витримує максимальний тиск в 10 МПа, на що вказує коефіцієнт запасу міцності, який дорівнює 1,05.

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

Розглянуто призначення напівмуфти, її конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання однієї з операцій виготовлення напівмуфти, а саме скальчатий кондуктор з пневматичним приводом для сверління отворів напівмуфти. Розраховано сили закріплення. За темою дипломного проекту підготовано та опубліковано тези.

					ЛП71.01.7246.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб./ І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко . – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 200 с.
2. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов /Басов. Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Москва.:Химия. 1986. 487 стр.
3. Р. В. Торнер / Основные процессы переработки полимеров (Теория и методы расчёта). –М.:Химия. 1972. – 454 с.
4. Литвинец Ю.И. Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией. Екатеринбург.: 2010. 55 стр.
5. Пат. 2 177 411 Россия, МПК(2001) В29С 47/16 (2000.01) В29С 47/16 (2000.01). ЭКСТРУЗИОННАЯ ГОЛОВКА ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС / Аликин В.Н., Голубцов Л.И., Кузьмицкий Г.Э., Федченко Н.Н.; заявитель и патентообладатель – Федеральное государственное унитарное предприятие "Пермский завод им. С. М. Кирова". № 2000128514/12; заявл. 14.11.2000; опубл. 27.12.2001, Бюл. № 36.
6. Пат. 2 183 158, Россия, В29С 47/38 (2000.01), В29С 47/72 (2000.01). Остриков А.Н., Рудометкин А.С.– № 2001112061/12 заявл. – 03.05.2001, опубл. – 10.06.2002.
7. Пат. 2 118 257, Россия, В29С 47/38 (1995.01), В29С 47/66 (1995.01). Остриков А.Н., Абрамов О.В.– № 97117284/25 заявл. – 23.10.1997, опубл. – 27.08.1998
8. Пат. 2 161 556, Россия, В29С 47/12 (2000.01), В29С 47/16 (2000.01), В29С 47/22 (2000.01). Остриков А.Н., Абрамов О.В., Ненахов Р.В., Рудометкин А.С.– № 99114877/12 заявл. – 09.07.1999, опубл. – 10.01.2001.

					ЛП71.01.7246.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Пат. 16817, Україна, В29С 47/14 (2006.01) Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Погодаєв Костянтин Сергійович – № u200603175 заявл. – 24.03.2006, опубл. – 15.08.2006.

10. Пат. 82205, Україна, В29С 47/14 (2006.01) Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Рослов Олександр Валерійович; Коваленко Ксенія Геннадіївна; Івіцький Ігор Ігорович.– № u201301458 заявл. – 07.02.2013, опубл. – 25.07.2013.

11. Пат. 109678, Україна, В29С 47/22 (2006.01), В29С 45/52 (2006.01). Моравський Володимир Степанович; Суберляк Олег Володимирович; Сікора Януш В.; Красінський Володимир Васильович– № а201306643 заявл. – 28.05.2013, опубл. – 25.11.2013.

12. Пат. 5779, Україна, В29С 47/00. Дядичев Валерій Владиславович; Колесніков Андрій Валерійович– № 20040806998 заявл. – 21.08.2004, опубл. – 21.08.2004.

13. Пат. 1737, Україна, В29С 47/60 (2006.01). Мікульонок Ігор Олегович; Новік Валерій Олександрович; Радченко Леонід Борисович; Сівецький Володимир Іванович – № 2002075454 заявл. – 03.07.2002, опубл. – 15.04.2003.

14. Пат. 2 475 358, Росія, В29С 47/48 (2006.01), В29С 47/92 (2006.01). ЛУПКЕ Манфред А.А., ЛУПКЕ Стефан– № 2009148131/05 заявл. – 17.10.2008, опубл. – 27.11.2011.

15. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене./ К.Н.Ткачук, М.О. Халимовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448с.

16. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник — Львів: УАД, 2006. – 336 с.

17. Горошкин А.К. Приспособление для металлорежущих станков. Справочник. Изд. 6-е. –М.: "Машиностроение",1971. – Стр. 384

18. Базров Б.М. - Основы машиностроения: Учебник для вузов. М.: "Машиностроение",2005. - 736с.

					ЛП71.01.7246.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Гребелюк, І. В., Подиман, Г. С., & Двойнос, Я. Г. (2018). ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ РОЗПЛАВУ НА ЕКСТРУЗІЮ ТРУБ З ПЕТ. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (1), 11–17. <https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143370>

20. Сівецький, В. І., Івіцький, І. І., Куриленко, В. М., & Поліщук, О. В. (2018). Моделювання процесу введення мікровключень у розплав полімеру. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (1), 53–60. <https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143377>

					ЛП71.01.7246.01-70ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Додатки**



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A 1			ЛП 71.017242.003-70 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1		Фланець	1	
		2		Втулка	1	
		3		Дорнтримач	1	
		4		Корпус	1	
		5		Втулка з отворами	1	
		6		Дорн	1	
		7		Матриця	1	
		8		Фільтрувальна решітка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		9		Болт М 24 ГОСТ 7805-70	1	
		10		Болт М 20 ГОСТ 7898-70	1	
		11		Болт М 20 ГОСТ 7838-70	2	
		12		Рим -болт М 12 ГОСТ 4751-73	1	
		13		Термопара	3	
		14		Нагрівник	2	

ЛП 71.017246.003-70 ТЕ					
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Бабушкіна М.				
Перевірив	Гур'єва Л.Н.				
Н.контр.					
Затвердив	Гондляр О.В.				
Трубна головка			Літера	Аркуш	Аркушів
				1	1
			КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ		



### Модернізація екструзійної головки

Бабушкіна М. С., студ., Гур'єва Л.Н., кер.

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

*Запропоновано удосконалену конструкцію екструзійної головки, що забезпечує поліпшення умов регулювання для зміни опору по перетину регулюючого каналу і забезпечення можливості переходу на дистанційне регулювання при необхідності ведення безперервного процесу екструдуювання, а також виключення можливості защемлення екструдата в процесі регулювання.*

Під час роботи виникає складність регулювання для зміни опору по перетину регулюючого каналу дроселюючим пристроєм із застосуванням багаторядного комплексу загвинчуваних елементів, що практично виключає можливість застосування дистанційного регулювання при веденні безперервного технологічного процесу. Крім того, при переміщенні загвинчуваних елементів дросельного пристрою можливий вихід екструдата в зазори дроселюючого пристрою і його защемлення, при якому можливий місцевий розігрів і розкладання екструдата, що неприпустимо для деяких типів пластмас. Для вирішення вказаних недоліків і тим саме покращити процес регулювання запропоновано модернізацію екструзійної головки за патентом №RU 2 177 411 [1].

Вдосконалення полягає в тому, що в екструзійній голівці для формування профільних виробів з пластмас, що містить корпус з підводним, регулюючим і фільтру з формуючим каналами, регулюючий канал виконаний в окремому корпусі, вмонтованому між підводним і формуючим каналами і забезпеченому кільцевими канавками, відкритими на зовнішній поверхні корпусу, і кільцевими виступами на його внутрішній поверхні з можливістю розтягування-стиснення при осьовому переміщенні корпусу в направляючої втулці від зусилля, прикладеного до торця корпусу регулюючого каналу зі зміною його поперечного перерізу.

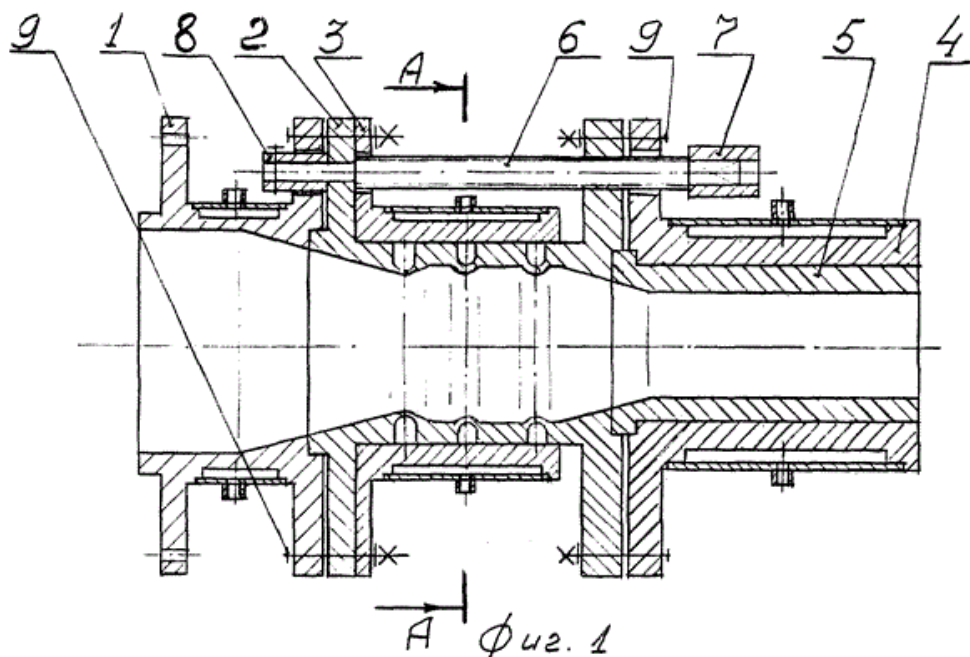


Рис. 1. Модернізована екструзійна головка [1].

Головка працює наступним чином. Через фланець корпус 1 з підводним каналом кріпиться до жорстко закріпленому екструдеру (не показаний). Обертанням головки-ключа 7 гвинт 6 вкручується в різьбу на фланці корпусу 2 з регулюючим каналом для створення попереднього натягу. Оскільки болти 9 жорстко пов'язують корпус 2 з регулюючим каналом з корпусом 1 з підводним каналом, з прямою втулкою 3 і з корпусом 4 фільтри, гвинт 6 стискає пружно деформуючу серединну частину корпусу 2 з регулюючим каналом в зоні розташування кільцевих канавок. За рахунок чого опукло вигинаються кільцеві виступи, і тим зменшується прохідний перетин регулюючого каналу. При цьому корпус 4 фільтри з фільтри 5 переміщуються на величину стиснення корпусу 2 з регулюючим каналом. Включається в роботу екструдер. В процесі екструзії за результатами обміру охолоджених виробів при необхідності проводиться регулювання опору в корпусі 2 з регулюючим каналом стисненням або розтягуванням його серединної частини.

### **Висновки**

Використання запропонованої конструкції екструзійної головки забезпечує покращення умов регулювання, можливість дистанційного регулювання під час неперервної експлуатації екструдера, а також уникнення защемлення екструдата в процесі регулювання. Проведений з використанням програмних продуктів ANSYS числовий аналіз напружено-деформованого стану модернізованої головки (Structural Analysis) показав запас міцності понад 1,1, що є підтвердженням його надійної та довготривалої експлуатації.

### **Література**

1. Пат. 2 177 411 Россия, МПК(2001) В29С 47/16 (2000.01) В29С 47/16 (2000.01). ЭКСТРУЗИОННАЯ ГОЛОВКА ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС / Аликин В.Н., Голубцов Л.И., Кузьмицкий Г.Э., Федченко Н.Н.; заявитель и патентообладатель – Федеральное государственное унитарное предприятие "Пермский завод им. С. М. Кирова". № 2000128514/12; заявл. 14.11.2000; опубл. 27.12.2001, Бюл. № 36.