

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут \_\_\_\_\_ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра \_\_\_\_\_ мехатроніки та пакувальної техніки

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)  
\_\_\_\_\_  
(підпис) Блаженко С.І.  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_  
(підпис) Соколенко А.І.  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 131 Прикладна механіка  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми \_\_\_\_\_ машини і ресурсозберігаючі  
\_\_\_\_\_ технології переробки упаковки  
на тему: \_\_\_\_\_  
Модернізація лінії для грануляції вторинних полімерів продуктивністю 150 кг/год.

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 15

\_\_\_\_\_ Єрко Валентин Анатолійович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Соколенко Анатолій Іванович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2020 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки  
Освітній ступінь бакалавр  
Спеціальність 131 Прикладна механіка  
(код і назва)  
Освітньо-професійна програма машини і ресурсозберігаючі  
(назва)  
технології переробки упаковки

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри МПТ  
Соколенко А.І.  
“8” 04 2020 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Єрко Валентин Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація лінії для грануляції вторинних полімерів продуктивністю 150 кг/год

керівник роботи Соколенко Анатолій Іванович, д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “08” 04 2020 року №260-кв  
2. Строк подання здобувачем роботи 29.05.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Продуктивність машини - 150 кг./год.

Вид технології - грануляція

Вид пакувального матеріалу - поліетилен

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Анотація. Вступ. Літературний огляд. Техніко-економічне обґрунтування.  
Опис пропозиції. Розробка кінематичної схеми. Розробка циклограми.  
Технологічні, кінематичні, силові розрахунки. Розробка технологічного  
маршруту. Монтаж, експлуатація та ремонт машини. Опис блоку управління  
машиною. Охорона праці. Висновки. Список використаної літератури.  
Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу  
Лист 1 – лінія гранулювання відходів

Лист 2 – циліндр пресу

Лист 3 – червячний прес

Лист 4 – головка стренгова

Лист 5 – технологічний маршрут виготовлення деталі вал



## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра та теми "Модернізація лінії для гранулювання вторинних полімерів, продуктивністю 150 кг/год.". Об'єктом модернізації є стренгова головка.

Розрахунково-пояснювальна частина проекту викладена на 74 сторінках формату А4, містить 8 рисунків. Графічна частина проекту складається з 4 аркушів креслень формату А1.

В склад дипломного проекту входить пояснювальна записка і графічна частина.

В пояснювальній записці представлений літературний огляд стану питання, який включає опис лінії для вторинної переробки використаних полімерних пакувальних матеріалів.

Проведено кінематичний і силовий розрахунки елементів черв'ячного пресу.

Описано монтаж, експлуатацію та ремонт обладнання лінії, техніку безпеки при роботі, охорону праці на ділянці переробки.

Роботоздатність лінії підтверджена техніко-економічними обґрунтуванням модернізації.

Графічна частина проекту складається із 5 листів формату А1, які виконані згідно вимогам ЄСКД.

На 1 аркуші представлена лінія гранулювання відходів.

На 2 аркуші – черв'ячний прес ЧП 90×30.

На 3 аркуші – циліндр пресу.

На 4 аркуші – модернізація головки стренгової.

На 5 аркуші – технологія виготовлення деталі "Вал", який входить до конструкції стренгової головки.

Ключові слова: лінія для грануляції відходів, вторинні полімерні матеріали, прес черв'ячний, завантажувальний пристрій, головка стренгова, головка модернізована, воронка завантажувальна, корпус.

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Ермо В.А.</i>						
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>		<i>Соколенко А.І.</i>				<i>НУХТ ПУ-4-15</i>		
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								

## ABSTRACT

Qualification work for a bachelor's degree and the topic "Modernization of the line for granulation of secondary polymers, productivity 150 kg/h.". The object of modernization is a strand head.

The calculation and explanatory part of the project is set out on 74 A4 pages, contains 8 figures. The graphic part of the project consists of 4 sheets of drawings in A1 format.

The diploma project includes an explanatory note and a graphic part.

The explanatory note presents a literature review of the status of the issue, which includes a description of the line for recycling of used polymeric packaging materials.

Kinematic and force calculations of worm press elements are carried out.

Describes the installation, operation and repair of line equipment, safety at work, labor protection at the processing site.

The operability of the line is confirmed by the feasibility study of modernization.

The graphic part of the project consists of 5 sheets of A1 format, which are made in accordance with the requirements of USDD.

On 1 sheet the line of granulation of waste is presented.

On 2 sheets - a worm press of state of emergency  $90 \times 30$ .

On 3 sheets - the press cylinder.

On the 4th sheet - modernization of the head of the strand.

On the 5th sheet - the technology of making the part "Shaft", which is part of the design of the strand head.

WASTE GRANULATION LINE, SECONDARY POLYMERIC MATERIALS, WORM PRESS, LOADING DEVICE, STRING HEAD, HEAD HEAD.

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Abstract</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Ерко В.А.</i>						
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>		<i>Соколенко А.І.</i>						
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								
						<i>НУХТ ПУ-4-15</i>		

# ЗМІСТ

Стор.

Вступ.....	
1. Огляд літературних джерел інформації, вивчення стану питання та постановка задачі проектування.....	
2. Обґрунтування доцільності модернізації гранулюючого пристрою у складі лінії для грануляції вторинних полімерів .....	
3. Конструкція та принцип роботи лінії.....	
4. Параметричний розрахунок гранулятора.....	
4.1. Розрахунок геометрії черв'яка.....	
4.2. Визначення коефіцієнта геометричної форми головки.....	
4.3. Продуктивність машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки.....	
4.4. Визначення перепаду тиску в головці.....	
4.5. Розрахунок потужності приводу.....	
4.6. Розрахунок елементів черв'ячного пресу на міцність.....	
4.7. Розрахунок корпусу на міцність.....	
4.8. Розрахунок елементів головки на міцність.....	
4.9. Тепловий розрахунок.....	
5. Технологічний маршрут виготовлення деталі гранулятора.....	
6. Монтаж, експлуатація, обслуговування та ремонт обладнання.....	
6.1. Вимоги до обладнання і підготовка його до експлуатації.....	
6.2. Підготовка до пуску, пуск і експлуатація агрегату.....	
6.3. Ремонт обладнання.....	
7. Охорона праці.....	
Висновки.....	
Література.....	

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Ермо В.А.</i>			<b><i>Зміст</i></b>			
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>		<i>Соколенко А.І.</i>						
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								
						<b><i>НУХТ ПУ-4-15</i></b>		

## ВСТУП

Перед машинобудівною промисловістю стоїть завдання забезпечення випуску сучасних машин для переробки полімерних відходів у сировину (гранули), придатну для подальшого використання .

Для переробки плівкових поліетиленових відходів найбільш широке застосування отримали лінії, спроектовані на базі черв'ячного преса.

Черв'ячні машини використовуються в технологічних процесах різних галузей: для змішування і грануляції матеріалів; видавлювання плівок, труб, профілів, листів; накладання ізоляції та оболонок на дроти та кабелі.

Вони знаходять широке застосування як і ливарні машини для попередньої пластифікації матеріалу, отримання порожнистих виробів і т.д.

Успіх широкого впровадження черв'ячних машин для переробки полімерних відходів пояснюється у першу чергу тим, що це обладнання безперервної дії, яке дає можливість повної механізації і автоматизації технологічних процесів.

У даному дипломному проекті модернізується лінія, зокрема стренгова головка черв'ячного пресу для гранулювання полімерних плівкових відходів з метою збільшення його надійності та продуктивності і спрощення експлуатації.

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Ермо В.А.</i>						
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>		<i>Саколенко А.І.</i>						
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								
						<i>НУХТ ПУ-4-15</i>		

# 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ, ВИВЧЕННЯ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

Екструдер – це агрегат, що забезпечує плавлення полімеру з подальшим його ущільненням та передачею на формуючий пристрій.

Для виконання процесу переробки термoplastів використовують екструдери, які бувають різноманітних конструкцій: плунжерні, одночерв'ячні, двочерв'ячні, багаточерв'ячні, шестеренчасті тощо. За функціональним призначенням екструдери поділяють на пластифікуючі та переробні розплави. За компонованням черв'ячних пресів – на одноступінчасті і каскадні. За характером впливу на полімер, що переробляється, гранулятори бувають:

- універсальні політропні;
- спеціальні автогенні;
- спеціальні політропні;
- з осиліруючим черв'яком.

Також екструдери бувають з наявністю зони дегазації та без неї.

Розміри екструдера характеризуються за його діаметром та довжиною.

Розрізняють такі види зачеплення та напрямку руху черв'яків в багаточерв'ячних екструдерах:

- зачеплювальні черв'яки з одностороннім обертанням;
- зачеплювальні черв'яки з зустрічним обертанням;
- незачеплювальні черв'яки з одностороннім обертанням;
- незачеплювальні черв'яки з зустрічним обертанням.

На сучасних черв'ячних машинах застосовують інжекційні механізми, у яких процеси пластифікації та інжекції матеріалу сполучені чи розділені. В обох випадках механізми класифікують на поршневі, черв'ячно-поршневі, одночерв'ячні і двочерв'ячні; одночерв'ячні та двочерв'ячні додатково розді-

					<b>ДП. 10. ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ермо В.А.</i>			<i>Огляд літературних джерел інформації, вивчення стану питання та постановка задачі проектування</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>		<i>Соколенко А.І.</i>				<b>НУХТ ПУ-4-15</b>		
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								









## Постановка задачі проектування

В дипломному проекті запропоновано модернізацію лінії для гранулювання вторинних полімерів шляхом модернізації головки стренгової черв'ячного преса з метою збільшення продуктивності до 150 кг/год.

В даному дипломному проекті аналогом гранулятора було вибрано черв'ячний прес ЧП 90×30 з вихідними даними:

- зовнішній діаметр черв'яка, мм	$D = 90$
- крок нарізки витків черв'яка, мм	$H = 90$
- відношення робочої довжини черв'яка до діаметра	$L/D = 30$
- висота витків черв'яка в зоні дозування, мм	$h_2 = 5,5$
- ширина гребеня витка черв'яка, мм	$l = 9$
- зазор між гребенями витків черв'яка і внутрішньою поверхнею гільзи, мм	$\delta = 1,1$
- число заходів черв'яка	$k = 1$
- число витків черв'яка в зоні завантаження	$z_1 = 4$
- число витків черв'яка в зоні дозування	$z_2 = 7,6$
- протитиск змішувальних пристроїв, МПа	$P = 10$
- частота обертання черв'яка, об/хв.	$n = 94$
- перероблюваний матеріал	ПЕНТ
- щільність розплаву при відповідній температурі переробки:	
$t_1 = 180\text{ }^\circ\text{C}$	$\rho_1 = 0,79\text{ г/см}^3$
$t_2 = 210\text{ }^\circ\text{C}$	$\rho_2 = 0,78\text{ г/см}^3$
- ентальпія розплаву в залежності від температури переробки	$i_1 = 39,8 \cdot 10^4\text{ Дж/кг}$
- криві текучості полімеру при відповідних відповідних температурних режимах	з довідника
- коефіцієнт апроксимуючої функції кривих текучості	з довідника

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ГРАНУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ У СКЛАДІ ЛІНІЇ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦІЇ ВТОРИННИХ ПОЛІМЕРІВ

В Україні останнім часом великими темпами почала відтворюватись і розвиватись хімічна промисловість. Особливо швидко росте виробництво синтетичних та полімерних матеріалів. Для промисловості, що переробляє ці матеріали, потрібно все більше високопродуктивних, надійних і економічних машин.

Підприємства по виготовленню машин та устаткування для хімічної промисловості протягом останніх років проектують та виготовляють різноманітні лінії грануляції полімерних відходів.

До складу стандартної лінії входять: подрібнюючий пристрій, бункер, черв'ячний прес та пристрої приймальний, відрізний і завантажувальний.

Перевагами запропонованої лінії є простота та надійність у виробництві й простота обслуговування.

Недоліками аналогової лінії є недостатня річна продуктивність у зв'язку із збільшенням попиту на пластикову продукцію, а також фактори, що присутні у застарілих машинах, а саме: недостатня продуктивність через низьку насипну щільність перероблюваного матеріалу, неспроможність регулювання подачі матеріалу до черв'ячного пресу, затрати часу на переналаштування циклу завантаження, швидкий знос ріжучих елементів гранулятора.

Усунення вищенаведених недоліків конструкції досягається за рахунок модернізації головки стренгової черв'ячного преса з метою збільшення продуктивності до 150 кг/год.

					<b>ДП. 10.ПЗ</b>		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ермо В.А.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>					<b>НУХТ ПУ-4-15</b>		
<i>Керівник</i>		<i>Соколенко А.І.</i>					
<i>Н. Кантр.</i>							
<i>Затвердив</i>							
					<i>Обґрунтування доцільності модернізації гранулюючого пристрою у складі лінії для грануляції вторинних полімерів</i>		

### 3. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ЛІНІЇ

#### *Призначення та галузь використання лінії, що проектується*

Завершальний етап в переробці відходів полімерів – грануляція. Мета процесу – отримання одноріднішої і чистішої сировини та збільшення швидкості грануляції.

Грануляція (від лат. *granulum* – зернятко) – надання речовині форми дрібних шматків (гранул). Цей процес потрібний для поліпшення технологічних властивостей речовини, запобігання спіканню (злипанню) та збільшенню сипучості, забезпечення можливості використання матеріалу дрібними порціями, полегшення вантаження і транспортування. Залежно від методу грануляції одна і та ж речовина може набувати різної твердості, гідравлічних властивостей тощо.

Суть процесу грануляції полягає в тому, що з початкової полімерної сировини виходить гранульована однорідна сировина, яка може бути використана для виробництва пластмас методом лиття або екструзії. Гранулят застосовується також як компонент при виробництві компаундів і наповнених композицій.

Основні складові деталі гранулятора полімерів – це циліндр, шнек, головка і сітка-фільтр. Основне навантаження приходить на циліндр, тому важливо виготовляти його з міцного матеріалу – легованої сталі, що пройшла додаткове загартування і деякі інші обробки, а також поліровку.

Вибір гранулятора залежить від початкового матеріалу (поліпропілен ПП, поліетилен ПЕ, поліамід ПА, полістерол ПС, акрілонітрілбутадієнстірол АБС, полівінілхлорид ПВХ) і його виду (дробленка, агломерат, плівка). Це визначає конструкцію шнека. Є гранулятори полімерів, здатні переробляти плівкові відходи, минувши попередню стадію дроблення. Наявність в грану-

					<b>ДП. 10. ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Єрко В.А.</i>			<b>Конструкція та принцип роботи лінії</b>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>		<i>Соколенко А.І.</i>				<b>НУХТ ПУ-4-15</b>		
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								

лятори фільтрувального елемента збільшує його вартість, проте значно покращує властивості вихідного матеріалу. Але наявність фільтру не означає, що в гранулятор полімерів можна завантажувати брудний матеріал – це значно зменшує термін служби шнека і циліндра.

Лінія для переробки поліетилентерефталату (ПЕТ пляшок) (ПЕТ гранулятор) включає усе необхідне устаткування для ефективного очищення матеріалу і отримання високоякісних вторинних пластівців або гранул. Отриманий за цією технологією вторинний ПЕТ може надалі використовуватися для виробництва литих деталей, лавсанового волокна, килимових покриттів, синтепона, фільтрів, бутлів для нехарчових рідин, як середній шар для виробів, що контактують з їжею (тришарові листи для корексів, де обидва зовнішні шари – первинний ПЕТ), пакувальної стрічки, пластикового шиферу тощо. Переробка ПЕТ пляшок в грануляторі є одним з найперспективніших напрямів отримання пластиків.

Лінія для переробки поліетиленової плівки призначена для переробки побутових і промислових плівкових відходів. Отримані при цьому пластівці або грануляти можна використовувати при виробництві сміттєвих пакетів, як середній шар при виготовленні харчової плівки. Останнім часом усе більш популярною темою використання поліетиленових відходів є виробництво деревонаповнюючого профілю.

За типом вживаного екструдера: двошнековий, одношнековий і тандемна система (двошнековий – одношнековий). Гранулятор в обов'язковому порядку оснащується, принаймні, однією зоною дегазації для отримання монолітних гранул без включення бульбашок повітря. За способом різки гранулятори полімерів діляться на стренгові та безстренгові. Безстренгові у свою чергу бувають гарячого і холодного різання ("грануляція у воді").

Гранулятори пластмас також використовуються для створення наповнених композицій, при виробництві полімерних добавок, для поліпшення переробки порошкових складових (наприклад, ПВХ), при переробці ПЕТ пляшок.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики лінії для грануляції вторинних полімерів наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Технічні характеристики лінії для грануляції відходів

№ п/п	Найменування параметра	Значення параметра
<b>Лінія гранулювання полімерних відходів</b>		
1.	Продуктивність лінії в залежності від матеріалу, що переробляється (максимальна), кг/год., не менше: - технологічних відходів поліетиленової плівки (з вихідною насипною щільністю подрібненого матеріалу 0,12 т (м <sup>3</sup> ) - вживаної ПЕ плівки сільськогосподарського призначення	220 220
2.	Розмір одержуваних гранул, мм	2-5
3.	Діаметр черв'яка, мм	90 <sub>-0,2</sub>
4.	Об'ємні витрати води, м <sup>3</sup> /год.	5
5.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	8920±200 4300±100 5800±100
6.	Маса, кг	11000±100
<b>Подрібнювач ПРНП 300×600-5/3</b>		
1.	Товщина плівки, мм, не більше	1
2.	Розміри завантажувального отвору, мм	464×170
3.	Тип ротора	ножовий
4.	Номінальний діаметр ротора, мм	300
5.	Номінальна робоча довжина ротора, мм	600
6.	Номінальний діаметр отворів калібрувальних сит, мм	2,4; 4; 6; 8
7.	Привід подрібнювача від асинхронного електродвигуна типу 4АС 180S4У3: - потужність, кВт - частота обертання, об/хв.	21 22,8
8.	Частота обертання барабана живильника, об/хв.	30,8
9.	Частота обертання ротора при номінальній потужності, об/хв.	990
10.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	1580±10 1190±10 1470±10
11.	Маса, кг	1370±20
<b>Бункер-накопичувач</b>		
1.	Маса матеріалу, що завантажувється, при насипній щільності 0,03...0,05 т/м <sup>3</sup> , кг	180-1200
2.	Номінальний діаметр шнека, мм	150
3.	Частота обертання шнека, с <sup>-1</sup> (хв. <sup>-1</sup> )	3,94 (237)
4.	Діапазон регулювання частоти обертання	1:10
5.	Кількість рукавних фільтрів, шт.	1

					<b>ДП.10.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.	Привід шнека: електродвигун 2ПБ 132 МГУХЛ-4, N = 3,0 кВт, n = 1500 об/хв., U = 220 В	
7.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	2830±15 1660±15 4330±100
8.	Маса, кг	970±10
<b>Живильник-дозатор</b>		
1.	Діаметр шнека номінальний, мм	75, 90
2.	Частота обертання шнека, с <sup>-1</sup> (об/хв.), не більше	4,83 (290)
3.	Привід шнека: електродвигун ПБС1,2 3750ПБС32У-4, N = 3,0 кВт, n = 1500 об/хв., U = 220 В	
4.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	1200±10 775±10 1690±10
5.	Маса, кг	430±10
<b>Прес черв'ячний ЧП 90×30</b>		
1.	Номінальний діаметр черв'яка, мм	90
2.	Відношення робочої довжини черв'яка до його діаметру	30
3.	Частота обертання черв'яка, регульована безступінчато в діапазоні 1:10, с <sup>-1</sup> (хв. <sup>-1</sup> )	0,25 ... 2,5 (15 ... 150)
4.	Продуктивність, кг/год.	180 ... 260
5.	Привід преса: електродвигун постійного струму N = 90 кВт, n = 1170 об/хв., U = 440 В Охолодження вентилятором типу "Вершник" з тахогенератором ТС-1М, редуктор спеціальний	
6.	Обігрів циліндра – електричний, нагрівачами опору	
7.	Кількість обігрівачів циліндра, шт.	6
8.	Сумарна потужність нагрівачів, кВт	21,7
9.	Охолодження зон циліндра – повітряне, від індивідуальних вентиляторів	
10.	Кількість зон охолодження циліндрів, шт.	4
11.	Сумарна потужність електродвигунів вентиляторів, кВт	4,4
12.	Діапазон регулювання температури, °С	50...350
13.	Загальна встановлена потужність, кВт	116,35
14.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	3900±8 1150±5 1290±5

					<b>ДП.10.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15.	Маса, кг	3810±100
<b>Фільтр шибєрний ручний ФШР-90</b>		
1.	Фільтрація розплаву термопласту	
2.	Кількість зон обігріву, шт.	2
3.	Потужність нагрівачів, кВт	3,43
4.	Максимальна температура нагріву корпусу, °С	300
5.	Максимальний робочий тиск, МПа	16
6.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	300±1 600±2 400±1
7.	Маса, кг	150±1
<b>Пристрій гарячого грануляції</b>		
1.	Масова продуктивність по грануляту, кг/год., не менше	220
2.	Гранулюючий матеріал – термопласти	
3.	Кількість фільтер, шт.	2
4.	Кількість формуючих отворів, шт..	24
5.	Частота обертання ножового ротора, об/хв.	2500...5000
6.	Кількість ножових крильчаток на роторі, шт.	24
7.	Робочий зазор різання, мм	0,05...0,1
8.	Привід ротора: електродвигун постійного струму 2ПБ90МГУ4, N = 0,5 кВт, n = 3000 об/хв., U = 220 В	
9.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	635±10 560±10 500±10
10.	Маса, кг	85±5
<b>Ванна охолодження</b>		
1.	Тип пристрою – проточний	
2.	Об'ємна витрата охолоджуючої води, м <sup>3</sup> /год., не більше	3,5
3.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	1406±15 1072±10 1222±10
4.	Маса, кг	235±10
<b>Вивантажувач</b>		
1.	Тип пристрою – шнековий	
2.	Діаметр шнека, мм	94 <sub>0,5</sub>
3.	Частота обертання шнека, об/хв.	69
4.	Привід шнека: електродвигун АІР69, N = 0,25 кВт, n = 1320 об/хв., U = 380 В	
5.	Маса, кг	25±3

					<b>ДП.10.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<b>Осушувач</b>		
1.	Масова продуктивність кг/год., не менше (максимальна)	300
2.	Привід крильчатки осушувача: електродвигун змінного струму АІР80А2У3, N = 1,5 кВт, n = 2850 об/хв., U = 380 В	
3.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	865±15 860±10 880±10
4.	Маса, кг	127±5
<b>Установка вакуум-насоса</b>		
1.	Об'ємна подача номінальна (при тиску всмоктування 0,04 МПа), м <sup>3</sup> /хв.	3,33
2.	Об'ємні витрати води, л/хв.	7
3.	Температура води на вході, °С, не більше	20
4.	Тиск води, МПа	0,4...0,6
5.	Потужність електродвигуна, кВт	7,5
6.	Частота обертання вала електродвигуна, об/хв.	1500
7.	Габаритні розміри, мм: - довжина - ширина - висота	1195±8 1045±8 755±5
8.	Маса, кг	450±10

### **Принцип роботи гранулятора та його складових частин**

Лінія грануляції вторинних термопластів ЛГТВ 90-250 (рис. 3.1) приз-

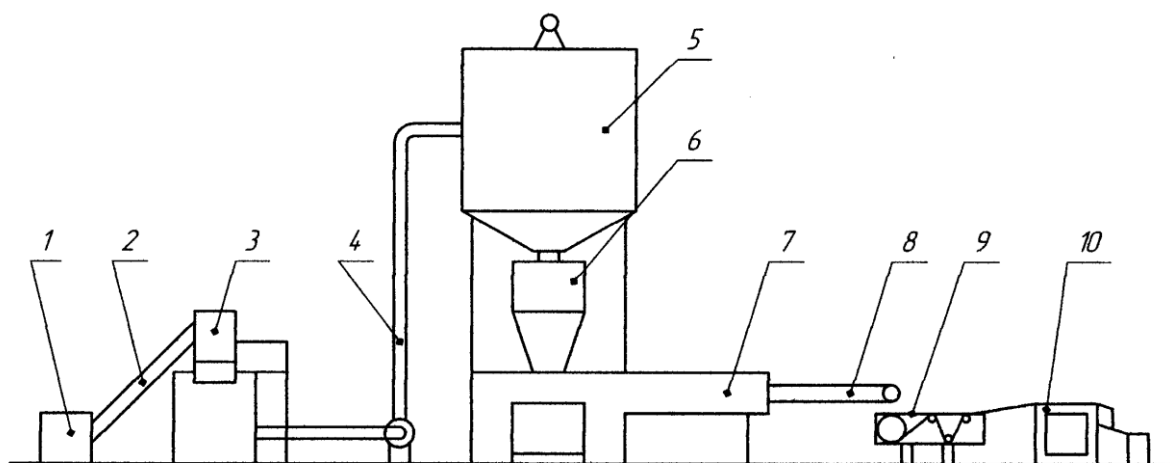


Рис. 3.1. Схема лінії ЛГТВ-90-250 для грануляції вторинних полімерів:

1 – роторний різак; 2 – транспортер; 3 – подрібнення ІРНП-300-600; 4 – пневмотранспортер; 5 – бункер-накопичувач; 6 – живильник-дозатор; 7 – черв'ячний прес; 8 – плоскощілова головка черв'ячного пресу; 9 – ванна охолодження; 10 – стрічковий гранулятор

					<b>ДП.10.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

начена для переробки на гранули очищеної від механічних включень вторинної полімерної сировини з поліетилену, полістиролу шляхом його подрібнення, пластикації, фільтрації з подальшим гранулюванням.

Централізована система управління та автоматичне регулювання основними параметрами переробки вторинної сировини забезпечують при мінімальних затратах ручної праці стійкість технологічного процесу.

Система пневмотранспорту і бункеризації подрібненого матеріалу дозволяє реалізувати безперервну роботу лінії при подрібненні різних видів сировини на різному устаткуванні для подрібнення.

До устаткування для подрібнення вторинної сировини відносяться:

- подрібнювач ІРНП 300х600-3/3;
- подрібнювач ІРНП 300х600-5/3.

До обладнання, що здійснює пластифікацію подрібненої вторинної сировини і формування її в правильну геометричну форму, відносяться:

- черв'ячний прес з фільтром шибєрним;
- живильник-дозатор;
- пристрій гарячого гранулювання;
- ванна охолодження;
- осушувач.

**Подрібнювач ІРНП 300×600-3/3** складається з роз'ємного корпусу, ротора з 9 зміщеними відносно один одного ножами, 3 корпусних ножів, сита, станини, електромеханічного приводу, завантажувального бункера і воронки.

Подрібнювач призначений для подрібнення вторинних термопластів у вигляді порожнистих виробів, кускових відходів товщиною в моноліті не більше 10 мм.

Матеріал подається на подрібнення через завантажувальний бункер.

**Подрібнювач ІРНП 300×600-5/3** складається з роз'ємного, відлитого з чавуну корпусу, ротора з 5 ножами, 3 корпусних ножів, сита, електромеханічного приводу ротора і приводу живильника, завантажувального бункера та опори.

Передня і задня стінки корпусу скріплені прецезіонними болтами з лівою і правою щобою.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підшипникові опори ротора кріпляться до щік зовні.

Станина подрібнювача збірної конструкції з окремих елементів листового матеріалу і кутового прокату.

Електромеханічний привод складається з асинхронного двигуна і клино-пасової передачі. Електродвигун закріплений на станині і фіксується за допомогою болтів.

Живильник подрібнювача складається з корпусу прямокутної форми, закріплений жорстко до корпусу подрібнювача. Живильний барабан встановлений усередині лотка на важелях з рифленою поверхнею.

Барабан закріплений на підшипниках кочення, вмонтованих в тілі важелів. Привід барабана здійснюється від асинхронного двигуна через черв'ячний редуктор, клинопасову і ланцюгову передачі.

Подрібнювач призначений для подрібнення термопластів у вигляді плівок.

Вихідний матеріал, що надходить через патрубок живильника, захоплюється барабаном і подається в камеру різання. Розрізання плівки відбувається хаотично, але до таких розмірів, частинки яких проходять через отвори сита. Цьому сприяють потоки повітря, що відсмоктуються через лійку вентилятором пневмосистеми.

Ступінь подрібнення вихідної сировини (насипна щільність) у великій мірі залежить від розмірів отворів сит. З цієї причини подрібнювач забезпечується набором сит.

**Черв'ячний прес ЧПВСп-90×30** призначений для переробки подрібнених відходів термопластів в однорідний розплав.

Подрібнені відходи термопластів подаються в завантажувальну воронку черв'ячного преса, де захоплюються черв'яком і переміщуються вздовж циліндра. Під впливом теплової енергії електронагрівачів вихідний продукт у міру просування до шибера фільтру пластифікується, ущільнюється, перемішується і гомогенізується, перетворюючись в розплав.

Розплав перед зоною дегазації дроселюється, що дозволяє, підключивши

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



очищається від механічних включень, які затримуються сітками і накопичуються на їх поверхні.

По мірі засмічення сіток механічними включеннями опір руху розплаву термопласту збільшується і при досягненні тиску 15 МПа включається світлова і звукова сигналізація про необхідність перемикавання шибера в інше положення із заміною засмічених сіток на нові.

Шибер переміщається з одного крайнього положення в інше, при цьому на місце засмічених сіток встановлюється пакет чистих сіток, а засмічені вручну замінюються новими. Переключення шибера також ручне.

Фільтр складається з таких елементів: корпусу, фланців, шибера, дроселюючої решітки та решітки з сіткою для тонкої фільтрації.

У фільтрі передбачений кран для зливу грубих включень.

У фільтрі встановлено первинний прилад, перетворювач тиску ПДП, сигнал якого передається на вторинний прилад ПДП і манометр, встановлені на пневмопанелі, яка кріпиться на стійці поблизу фільтра.

**Електрообладнання.** До складу електроустаткування лінії входять:

- окремо розташовані шафа і пульт управління;
- встановлені на технологічному обладнанні: електродвигуни, коробки розподільні, пости кнопкові та інша допоміжна апаратура.

Живлення електрообладнання передбачено від трифазної мережі змінного струму напругою 380 В, частотою 50 Гц з глухозаземленою нейтраллю. Напруга кіл керування та сигналізації 220 В, 50 Гц.

Система вимірювання та регулювання температури включає в себе нагрівачі, систему охолодження і прилади теплової автоматизації.

Всі теплові зони циліндра преса, фільтра, головки обігриваються електричними нагрівачами опору.

Вимірювання і регулювання кожної із зон здійснюється автоматично приладами теплової автоматизації, встановленими в системі контролю і регулювання температури, за сигналами перетворювачів термоелектричних відповідних зон.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система охолодження преса разом з нагрівачами призначена для автоматичної підтримки заданої температури по зонах.

Охолодження зон циліндра преса автоматичне, повітряне, індивідуальне для кожної зони, для чого встановлені відцентрові вентилятори.

Сировиною для лінії є вторинна полімерна сировина з поліетилену низького тиску, поліпропілену та полістиролу.

Подрібнення відходів ведеться на відповідних подрібнювачах: кускових на ИРНК-300×600-3/3, плівкових – на ИРПІ-300×600-5/3.

Завантаження відходів в подрібнювач проводиться вручну, дотримуючи при цьому можливої рівномірності.

При переробці вторинних термопластів не допускається змішування відходів з різних видів термопластів для одночасної їх переробки. При подрібненні кускових і плівково-ниткових відходів допускається їх спільна переробка за умови частого чергування цих видів з тим, щоб забезпечити ущільнення подрібненої маси в бункері-накопичувачі.

При переході до роботи з одного на інший подрібнювач необхідно переключити відповідні шибера на всмоктуючому повітроводі вентилятора. Одночасна робота двох шиберів не допускається.

За допомогою регульованого приводу шнека бункера-накопичувача в живильник-дозатор вивантажується стільки подрібненого матеріалу, скільки потрібно для підтримки постійного рівня в дозаторі, що забезпечує рівномірне живлення черв'ячного преса.

У черв'ячному пресі подрібнений матеріал пластифікується, звільнюється в зоні вакуумування від парів і газів та у вигляді розплаву проходить через шиберний фільтр.

Відфільтрований розплав подається в пристрій гарячого гранулювання, де безпосередньо на фільтрній плиті відбувається грануляція за допомогою швидкообертаючих ножів.

Відокремлені гранули, потрапляючи у водяний потік ванни охолодження, охолоджуються в ній і потоком води подаються у вивантажувач. Ін-

					<i>Д.П. 10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тенсивний водяний потік у ванні утворюється за допомогою циркуляційного насоса. Висоту поперечного перерізу водяного потоку та величину його швидкості можна регулювати підйомом жолоба.

Охолоджені гранули вивантажуються в осушувач, де за допомогою відцентрових сил здійснюється сушіння гранул і передавання останніх у приймач гранул. З приймача гранули надходять до цехової тари.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГРАНУЛЯТОРА

### 4.1. Розрахунок геометрії черв'яка

Вихідні дані: діаметр черв'яка  $D = 63 \text{ мм}$ /

Крок гвинтової лінії черв'яка:

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

Ширина гребеня витка:

$$e = (0,08 - 0,1)D = 1 \cdot 90 = 0,9 \text{ мм.}$$

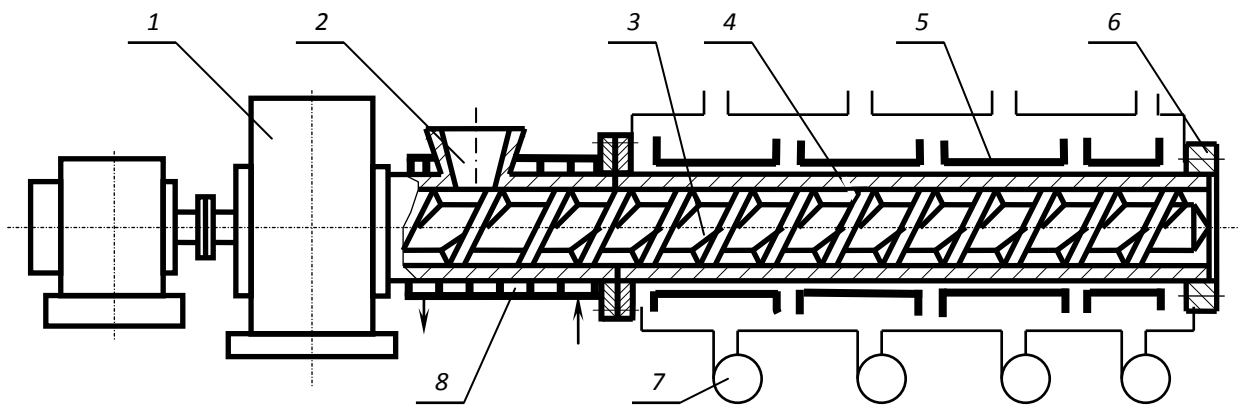


Рис. 4.1. Розрахункова схема черв'яка

Глибина гвинтового каналу під завантажувальною воронкою:

$$h_1 = (0,31 - 0,16)D = 0,15 \cdot 90 = 13,5 \text{ мм.}$$

Глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка (зона дозування):

$$h_2 = 0,5 \left( D - \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i} (D - h_1)} \right) = 0,5 \left( 90 - \sqrt{90^2 - \frac{4 \cdot 13,5}{2,25} (90 - 13,5)} \right) = 5,42 \text{ мм?}$$

де  $i \approx 2,25$  – ступінь стискання.

Радіальний зазор  $\delta$  між внутрішньою поверхнею корпусу і зовнішньої витка черв'яка:

$$\delta = (0,006 - 0,003)D = 0,003 \cdot 90 = 0,27 \text{ мм.}$$

					<b>ДП. 10. ПЗ</b>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ерко В.А.			Лит.	Арк.	Архувів
Перевір.							
Керівник		Соколенко А.І.			<b>НУХТ ПУ-4-15</b>		
Н. Кантр.							
Затвердив							
					<b>Параметричний розрахунок гранулятора</b>		

Діаметр стрижня в зоні завантаження:

$$d_1 = D - 2h_1 = 90 - 2 \cdot 13,5 = 63 \text{ мм.}$$

Діаметр стрижня в зоні дозування:

$$d_1 = D - 2h_2 = 90 - 2 \cdot 5,42 = 79,16 \text{ мм.}$$

У зоні стискання приймаємо нахил поверхні осердя постійним (глибина каналу монотонно знижується).

Довжина торпеди:

$$l_T = (0,6 - 0,8)D = 0,7 \cdot 90 = 63 \text{ мм.}$$

Довжина робочої частини черв'яка:

$$l_{\text{р.ч.ч.}} = (20 - 30)D = 20 \cdot 90 = 1800 \text{ мм.}$$

Довжина евольвентного зачеплення:

$$l_{\text{е.з.}} = 130 \text{ мм.}$$

Довжина зони дозування:

$$l_{\text{з.д.}} = (3 - 6)D = 5 \cdot 90 = 450 \text{ мм.}$$

Довжина зони стискання:

$$l_{\text{з.с.}} = l_{\text{р.ч.ч.}} - l_{\text{з.д.}} - l_{\text{е.з.}} = 1800 - 450 - 180 = 1170 \text{ мм.}$$

Довжина циліндричної частини черв'яка:

$$l_{\text{ц.ч.}} = (1,5 - 3)D = 2 \cdot 90 = 180 \text{ мм.}$$

Довжина відбійної частини:

$$l_{\text{в.ч.}} = (0,1 - 0,5)D = 0,2 \cdot 90 = 18 \text{ мм.}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = l_{\text{р.ч.ч.}} + l_{\text{с.ч.}} + l_{\text{ц.ч.}} + l_{\text{в.ч.}} = 1800 + 250 + 450 + 180 + 18 = 2248 \text{ мм.}$$

## 4.2. Визначення коефіцієнта геометричної форми головки

Розрахунок виконаний аналітичним методом визначення коефіцієнта геометричної форми стренгової голівки гранулювання.

Формули, основані на спрощеному аналітичному методі розрахунку коефіцієнта геометричної форми голівки, дозволяють визначити характеристики каналів найпростіших форм з достатньою для практичних розрахунків

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точністю.

Весь шлях проходження розплаву через канал голівки розіб'ємо на декілька більш простих складових і зробимо розрахунок.

Круглий циліндричний канал:

$$K_k = \frac{\pi d^4}{128L}, \quad (4.1)$$

де  $d$  – діаметр круглого циліндричного каналу, м;  $L$  – довжина круглого циліндричного каналу, м.

Оскільки на ділянках 3-4 і 4-5 кількість каналів – 57, на ділянці 5-6 – 1085, а на ділянці 7-8 – 61 канал, то, відповідно, значення коефіцієнта геометричної форми каналу множимо на їх число:

$$K_{0-1} = \frac{3,14 \cdot 6,9^4}{128 \cdot 18} = 3,08 \text{ см}^3;$$

$$K_{1-2} = \frac{3,14 \cdot 7,5^4}{128 \cdot 12} = 6,46 \text{ см}^3;$$

$$K_{2-3} = \frac{3,14 \cdot 6^4}{128 \cdot 20} = 1,58 \text{ см}^3;$$

$$K_{3-4} = \frac{3,14 \cdot 7^4}{128 \cdot 28,5} \cdot 57 = 117,42 \text{ см}^3;$$

$$K_{4-5} = \frac{3,14 \cdot 3^4}{128 \cdot 1,8} \cdot 57 = 62,9 \text{ см}^3;$$

$$K_{5-6} = \frac{3,14 \cdot 0,3^4}{128 \cdot 1} \cdot 1085 = 0,21 \text{ см}^3;$$

$$K_{7-8} = \frac{3,14 \cdot 0,7^4}{128 \cdot 2} \cdot 61 = 0,17 \text{ см}^3.$$

Конічний круглий канал (ділянка 6-7) з великим діаметром на вході маси полімеру знаходимо за формулою:

$$K_{к.к.} = \frac{3\pi D^3 d^3}{128L(D^2 + Dd + d^2)}, \quad (4.2)$$

де  $D$  – діаметр основи конуса на вході маси, м;  $d$  – діаметр вершини конуса на виході маси, м;  $L$  – довжина конічного каналу, м.

Оскільки на ділянці 6-7 маємо 61 канал, то, значення коефіцієнта

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

геометричної форми каналу множимо на їх число:

$$K_{6-7} = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 2^{30,7^3}}{128 \cdot 1(2^2 + 2 \cdot 0,7 + 0,7^2)} \cdot 61 = 2,09 \text{ см}^3.$$

Загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки можна порахувати як суму опорів окремих ділянок головки:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{3,08} + \frac{1}{6,54} + \frac{1}{1,58} + \frac{1}{117,42} + \frac{1}{62,9} + \frac{1}{0,21} + \frac{1}{2,09} + \frac{1}{0,17}} = 0,09 \text{ см}^3$$

#### 4.3. Продуктивність машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки

Робочий процес черв'ячної машини в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів черв'яка і процесів, що протікають в його каналах, але також від геометрії, конфігурації голівки черв'ячної машини, і її профільюючих елементів.

Об'ємна продуктивність потоку в'язких рідин через головку на передній частині черв'ячної машини прямопропорційно падінню тиску  $\Delta P$  і зворотно пропорційно в'язкості маси  $\mu$ :

$$Q = K \frac{\Delta P}{\mu}. \quad (4.3)$$

Також рівняння продуктивності можна представити у вигляді рівняння:

$$Q = \frac{\alpha K}{K + \beta + \gamma} n, \quad (4.4)$$

де  $K$  – коефіцієнт пропорційності, що залежить від геометрії головки;  $n$  – число обертів черв'яка за хвилину, об/хв.;  $\alpha$  – постійна прямого потоку для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

$$\alpha = \frac{\pi^3 (t - \lambda e) \sigma}{a + t^2 b} n; \quad (4.5)$$

$\beta$  – постійна зворотного потоку для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\beta = \frac{\pi t(t - \lambda e)}{12L_i(a + t^2 b)}; \quad (4.6)$$

$\gamma$  – постійна потоку витoku для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

$$\gamma = \frac{\pi D \delta^3 t^2}{10eL_i \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}}; \quad (4.7)$$

$\sigma$  – коефіцієнт, який залежить від геометричних розмірів черв'яка:

$$\sigma = 1 - \frac{6,9D}{2(h_i - h_2)} \lg \frac{h_i}{h_2} + \frac{D^2}{2h_i h_2}; \quad (4.8)$$

$a$  – коефіцієнт, що розраховується за формулою:

$$a = \frac{\pi^2}{h_i h_2} \left( \frac{D(h_i + h_2)}{2h_i h_2} - 1 \right); \quad (4.9)$$

$b$  – коефіцієнт, що розраховується за формулою:

$$b = \frac{2,3}{(h_i - h_2)D^3} \lg \frac{h_i(D + d_2)}{h_2(D + d_1)} + \frac{2h_i h_2 + (h_i - h_2)K}{2D^2 h_i^2 h_2^2}; \quad (4.10)$$

де  $h_i$  – глибина гвинтового каналу в зоні завантаження, м;  $h_n$  – глибина гвинтового каналу на початку зони дозування, м;  $h_2$  – глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка, м;  $L_i$  – довжина зони дозування, м;  $D$  – зовнішній діаметр черв'яка, м;  $d_1$  – діаметр сердечника в зоні дозування, м;  $d_2$  – діаметр сердечника на кінці черв'яка, м;  $e$  – ширина гребеня витка черв'яка, м;  $\delta$  – зазор між черв'яком і гільзою, м.

Підставивши у вищенаведені рівняння значення величин, обчислимо значення продуктивності черв'ячної машини в зоні дозування з врахуванням впливу головки:

$$a = \frac{3,14^2}{1,35 \cdot 0,54} \left( \frac{9(1,35 + 0,54)}{21,35 \cdot 0,54} - 1 \right) = 156,7;$$

$$b = \frac{2,3}{(1,35 - 0,54)9^3} \lg \frac{1,35(9 + 3,91)}{0,54(9 + 7,91)} + \frac{2 \cdot 1,35 \cdot 0,54 + (1,35 - 0,54)9}{2 \cdot 9^2 \cdot 1,35^2 \cdot 0,54^2} = 1,84;$$

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot 9}{2(1,35 - 0,54)} \lg \frac{1,35}{0,54} + \frac{9^2}{2 \cdot 1,35 \cdot 0,54} = 89,68;$$

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$S_1 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 6,9^3} = 1,81 \text{ с}^{-1}. \quad (4.13)$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190 °С і швидкості зсуву 1,81 с<sup>-1</sup>.

$$\mu_{e_1} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі становить:

$$\Delta P_1 = \frac{58,42 \cdot 2,5 \cdot 10^3}{3,08} = 0,05 \text{ МПа}.$$

На наступних ділянках швидкості зсуву і перепад тиску розраховується аналогічно формулам (4.11) та (4.12):

$$S_2 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 7,5^3} = 1,41 \text{ с}^{-1}; \quad \mu_{e_2} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \Delta P_2 = \frac{58,42 \cdot 2,4 \cdot 10^3}{6,46} = 0,02$$

МПа;

$$S_3 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 6^3} = 2,75 \text{ с}^{-1}; \quad \mu_{e_3} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}; \quad \Delta P_3 = \frac{58,42 \cdot 1,2 \cdot 10^3}{1,58} = 0,044$$

МПа;

$$S_4 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 7^3} = 1,75 \text{ с}^{-1}; \quad \mu_{e_4} = 2,45 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_4 = \frac{58,42 \cdot 2,45 \cdot 10^3}{117,42} \cdot 57 = 0,069 \text{ МПа};$$

$$S_5 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 3^3} = 22,05 \text{ с}^{-1}; \quad \mu_{e_5} = 1,9 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_5 = \frac{58,42 \cdot 1,9 \cdot 10^3}{62,9} \cdot 57 = 0,1 \text{ МПа};$$

$$S_6 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 0,3^3} = 22050,4 \text{ с}^{-1}; \quad \mu_{e_6} = 0,4 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_6 = \frac{58,42 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{0,21} \cdot 1085 = 0,12 \text{ МПа};$$

$$S_7 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 2^3} = 74,41 \text{ с}^{-1}; \quad \mu_{e_7} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_7 = \frac{58,42 \cdot 1,5 \cdot 10^3}{2,09} \cdot 61 = 2,56 \text{ МПа};$$

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_8 = \frac{32 \cdot 58,42}{3,14 \cdot 0,7^3} = 1735,7 \text{ с}^{-1}; \quad \mu_{e_8} = 0,5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$$\Delta P_8 = \frac{58,42 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{0,17} \cdot 61 = 10,48 \text{ МПа};$$

Загальний тиск у головці складе:

$$\sum_{i=1}^8 \Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 + \Delta P_8 =$$

$$0,05 + 0,02 + 0,044 + 0,069 + 0,1 + 0,12 + 2,56 + 10,48 = 13,443 \text{ МПа}.$$

#### 4.5. Розрахунок потужності приводу

Потужність черв'ячної машини витрачається на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зрушення матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

Потужність черв'ячної машини:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (4.14)$$

де  $N_1$  – потужність, що витрачається на примусове проштовхування сировини по гвинтовому каналу черв'яка:

$$N_1 = \frac{\pi^3 (t-e) L J \mu_e \cdot 10^{-4}}{36t} n^2 + \frac{a_2 \Delta P n \cdot 10^{-2}}{6}; \quad (4.15)$$

$N_2$  – потужність, що витрачається на зріз матеріалу у зазорі між вершиною витка та стінкою циліндра:

$$N_2 = \frac{\pi^3 D^3 e L \mu_e \cdot 10^{-4}}{36\delta t} n; \quad (4.16)$$

$\eta = 0,5$  – коефіцієнт корисної дії і неврахованих втрат;  $J$  – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D-d_2)(D+d_1)}{3(d_2-d_1)} + \frac{2,3\pi^2 D^5}{(t+\pi^2 D^2)(h_1-h_2)} \lg \frac{h_1}{h_2}, \quad (4.17)$$

де  $t$  – крок гвинтової нарізки черв'яка, см;  $D$  – зовнішній діаметр черв'яка, см;

$\Delta P$  – перепад тиску в голівці, МПа;  $d_1$  – діаметр черв'яка в зоні дозування, см;

$d_2$  – діаметр сердечника на кінці черв'яка, см;  $a_2$  – постійна прямого потоку;

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







4) Середній радіус поверхні контакту шліців:

$$r_{cp} = m \frac{z}{2}. \quad (4.20)$$

$$r_{cp} = 0,0035 \frac{24}{2} = 0,042 \text{ м.}$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження на змінання, що виникає в шліцьовому з'єднанні, приймається в межах від 0,7 до 0,8.

Матеріал черв'яка – сталь 40ХН2МА, для якого межі плинності дорівнюють:

$$\sigma_T = 750 \text{ МПа};$$

$$\tau_T = 0,6\sigma_T = 0,6 \cdot 750 = 450 \text{ МПа.}$$

Умовне допустиме навантаження на змінання:

$$[\sigma]_{кр} = 110 \text{ МПа.}$$

Діаметр стержня черв'яка в небезпечному поперечному перерізі:

$$d_c = D - \Sigma h_c; \quad (4.21)$$

$$d_c = 0,09 - 2 \cdot 0,011 = 0,068 \text{ м.}$$

Площа поперечного перерізу черв'яка з витками:

$$F_{\text{ч}} = \frac{\pi D^2}{4}; \quad (4.22)$$

$$F_{\text{ч}} = \frac{3,14 \cdot 0,09^2}{4} = 6,36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Площа сердечника черв'яка в небезпечному поперечному перерізі:

$$F_c = \frac{\pi(d_c^2 - d_0^2)}{4}; \quad (4.23)$$

$$F_c = \frac{3,14(0,068^2 - 0,01^2)}{4} = 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Момент опору сердечника черв'яка в небезпечному поперечному перерізі:

$$W_c = \left( \frac{\pi}{16} \right) d_c^3 \left[ 1 - \left( \frac{d_0}{d_c} \right)^4 \right]; \quad (4.24)$$

$$W_c = \left( \frac{3,14}{16} \right) 0,068^3 \left[ 1 - \left( \frac{0,016}{0,068} \right)^4 \right] = 61,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крутний момент на черв'яку складе:

$$\mu_{\text{ч}} = \frac{D_i \eta_{\text{ч}}}{2\pi T}; \quad (4.25)$$

$$\mu_{\text{ч}} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 0,9}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} = 11400 \text{ Нм.}$$

Дотична напруга в небезпечному поперечному перерізі сердечника черв'яка:

$$\tau_{\text{с}} = \frac{\mu_{\text{ч}}}{W_{\text{с}}}; \quad (4.26)$$

$$\tau_{\text{с}} = \frac{11400}{61,1 \cdot 10^{-6}} = 186 \text{ МПа.}$$

Розрахункова межа міцності в небезпечному поперечному перерізі сердечника черв'яка становить:

$$\sigma = \frac{DF_{\text{ч}}}{F_{\text{с}}}; \quad (4.27)$$

$$\sigma = \frac{50 \cdot 6,36 \cdot 10^{-3}}{3,42 \cdot 10^{-3}} = 93 \text{ МПа.}$$

Запаси міцності складуть:

$$n_{T\tau} = \frac{\tau_T}{\tau_{\text{с}}} = \frac{450}{186} = 2,42; \quad (4.28)$$

$$n_{T\sigma} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\text{с}}} = \frac{750}{93} = 8,06; \quad (4.29)$$

$$n_T = \frac{n_{T\sigma} n_{T\tau}}{\sqrt{n_{T\sigma}^2 + n_{T\tau}^2}} = \frac{2,42 \cdot 8,06}{\sqrt{2,42^2 + 8,06^2}} = 2,31; \quad (4.30)$$

Умова міцності виконується.

Перевірка шліцьового з'єднання черв'яка на зминання. Навантаження на зминання:

$$\sigma = \frac{\mu_{\text{ч}}}{z h r_{\text{ср}} \varphi} \leq [\sigma], \text{ МПа,} \quad (4.31)$$

де  $[\sigma]$  – допустиме навантаження на черв'як.

$$\sigma = \frac{11400}{24 \cdot 0,0035 \cdot 0,09 \cdot 0,042 \cdot 0,7} = 52 \leq 110,$$

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тобто умова міцності виконується.

#### 4.7. Розрахунок корпусу на міцність

Дані для розрахунку наведено в табл. 4.2:

Таблиця 4.2. Початкові дані для розрахунку корпусу на міцність

Позначення	Параметри	Значення
D	Внутрішній діаметр корпусу, м	0,09
P	Розрахунковий тиск, МПа	100
Сталь 45	Матеріал корпусу	
$\sigma_T$	Межа плинності, МПа	400
E	Модуль пружності, МПа	$1,38 \cdot 10^5$
$\mu$	Коефіцієнт Пуассона	0,26
$\phi$	Коефіцієнт міцності зварних з'єднань	1
$c_1$	Надбавка товщини стінки на корозію, мм	1

1) виконується перевірка попередньої умови тонкостінності: якщо  $[\sigma]\phi/P \geq 5,5$  – корпус тонкостінний; якщо  $[\sigma]\phi/P < 5,5$  – корпус товстостінний.

Розрахунок товщини стінки. Тонкостінний циліндричний корпус має товщину стінки:

$$S = \frac{PD}{2[\sigma]\phi - P} + c + c_1. \quad (4.32)$$

Товстостінний циліндричний корпус має товщину стінки:

$$S = 0,5D \left( \ell \frac{Pn_T}{\sigma_T \phi} \right) + c. \quad (4.33)$$

Виконується перевірка умови тонкостінності: якщо  $\frac{S - C}{D} \leq 0,1$  – корпус тонкостінний; якщо  $\frac{S - C}{D} > 0,1$  – корпус товстостінний.

2) навантаження розраховується у 5 точках:

$$1. \rho = r;$$

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.  $\rho = r + S/4$ ;
3.  $\rho = r + S/2$ ;
4.  $\rho = r + 3S/2$ ;
5.  $\rho = R$ .

3) визначається радіальне переміщення стінки:

Радіальне переміщення стінки тонкостінного корпусу:

$$U = \frac{2-\mu}{2ES}. \quad (4.34)$$

Радіальне переміщення шарів товстостінного корпусу:

$$U = \frac{1}{E} \cdot \frac{Pr^2}{R^2 - r^2} \left[ (1-2\mu)\rho - \frac{R^2}{\rho}(1+\mu) \right]. \quad (4.35)$$

4) переміщення розраховується у 5 точках.

5) визначається тиск  $P_{н}$ , який використовується для перевірки корпусу на міцність:

якщо  $P > 0,5$  МПа, то  $P_{н} = 1,25 \cdot P$ , але не менше  $P_{н} = P + 0,3$ ;

якщо  $P < 0,5$  МПа, то  $P_{н} = 1,5$ , але не менше 0,2 МПа.

6) виконується перевірка корпусу на міцність при тиску  $P_{н}$ .

Для тонкостінного циліндричного корпусу:

$$(\sigma_t - \sigma_r) \leq \frac{\sigma_T}{1,1} \sigma, \quad (4.36)$$

де  $\sigma_t = \frac{P_i D}{2S}$ ;  $\sigma_r = -P_u$ .

Для товстостінного циліндричного корпусу визначається тиск  $P_m$ , який відповідає появі пластичної деформації:

$$P_m = \sigma_t \frac{R^2 - r^2}{2R^2}. \quad (4.37)$$

Для товстостінного циліндричного корпусу визначається тиск  $P$ , який відповідає поширенню пластичної деформації на усю товщину стінки:

$$P = \sigma_T \ln \frac{R}{r}. \quad (4.38)$$

7) визначається напруга у стінці товстостінного циліндричного корпусу-

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

су при тиску  $P_{и}$ :

якщо  $P_{и} < P_m$ , то матеріал знаходиться в пружній стадії, напруга розраховується по формулах п. 5, підставляючи замість  $P_{и}$   $P_m$ .

якщо  $P_{и} > P$ , то матеріал знаходиться в пластичній стадії і напруга розраховується за наступними формулами:

кільцеве навантаження:

$$\sigma_t = \sigma_T \left( 1 + \ln \frac{\rho}{r} \right) - P_u. \quad (4.39)$$

меридіальна напруга:

$$\sigma_N = \sigma_T \left( 1 + \ln \frac{\rho}{r} \right) - P_u. \quad (4.40)$$

радіальне навантаження:

$$\sigma_z = \sigma_T \ln \frac{\rho}{r} - P_u. \quad (4.41)$$

8) навантаження випробовується у 5 точках: якщо  $P_T < P_{и} < P$ , то матеріал знаходиться в пружно-пластичній стадії, при цьому визначається радіус зони пластичних деформацій  $r_y$  із співвідношень:

$$\frac{\beta_y^2 - 1}{2\beta_y^2} - \ln \beta_y = \frac{P}{\sigma_T} - \ln \beta; \quad (4.42)$$

$$\beta_y = \frac{R}{r_y} \quad (4.43)$$

$$\beta = R/r. \quad (4.44)$$

9) контактний тиск  $q$  на межі зон пластичних і пружних деформацій при  $\rho = r_y$  визначається з формули:

$$q = P - \sigma_T \ln \frac{r_y}{r}. \quad (4.45)$$

Напруга у зоні пластичної деформації за  $\rho \leq r_y$  розраховується з формул (4.39)-(4.41), підставляючи замість  $P - P_{и}$ .

10) розрахунок навантаження при цьому проводиться у 5 точках:

$$\rho = r; \quad (4.46)$$

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho = r + \frac{r_y - r}{4}; \quad (4.47)$$

$$\rho = r + \frac{r_y - r}{2}; \quad (4.48)$$

$$\rho = r + \frac{3}{4}(r_y - r); \quad (4.49)$$

$$\rho = r_y. \quad (4.50)$$

11) навантаження в зоні пружних деформацій при  $\rho > r_y$  розраховуються по формулах п. 6, підставляючи замість  $\rho$   $q$ .

12) розрахунок навантаження при цьому проводиться у 5 точках, що відповідають формулам (4.46)-(4.50).

### **Результати розрахунку**

Розрахункова товщина стінки  $S = 22$  мм. Враховуючи розрахункове значення діаметру зовнішньої поверхні корпусу (134 мм) і послаблення поперечного перерізу корпусу різьбовим з'єднанням і канавкою для виходу різьблення по місцю установки фланців корпусу, зовнішній діаметр корпусу приймається рівним 140 мм.

### **4.8. Розрахунок елементів головки на міцність**

Розраховуємо на міцність наступні навантажені елементи головки:

- шпильки, що кріплять головку до розподільника розплаву;
- гвинти, що кріплять плиту філь'єри до головки.

Прийняті позначення основних параметрів і коефіцієнтів, а також їх значення наведено у табл. 4.3.

*Таблиця 4.3. Параметри елементів голівки*

<b>Позначення</b>	<b>Параметри</b>	<b>Значення</b>
$P_{\Gamma}$	Максимальний гідравлічний опір головки, МПа	4,6
$P_{сеч}$	Тиск, діючий в перерізі, що розраховується, МПа	
$T_i$	Сумарна сила, що діє на окремі поверхні каналу, Н	
$T_{\delta}$	Осьова номінальна сила, що діє на один кріпильний елемент, Н	
$T_{p,\delta}$	Розрахункова осьова сила, що припадає на один крі-	

	пильний елемент, і враховує податливість болта і стику, що враховує момент сили затягування і коефіцієнт запасу на нерозкриті стики, Н	
$\sigma_T$	Межа плинності матеріалу, з якого виготовлений елемент, що розраховується на міцність, МПа	220
$\sigma_p$	Розрахункове навантаження розриву в елементі, що розраховується, МПа	
$n_1$	Коефіцієнт запасу міцності	
$F_b$	Площа поперечного перерізу кріпильного елемента, м <sup>2</sup>	$F_{b1}=3,174 \times 10^{-4}$ $F_{b2}=1,41 \times 10^{-4}$
$\chi$	Коефіцієнт, що залежить від співвідношення податливості кріпильних елементів і елементів стику, для з'єднання металевих деталей без прокладок, $\chi = 0,2-0,3$	0,2
$k_1$	Коефіцієнт затягування, при постійній зовнішній силі, $k_1 = 1,3-1,5$	1,3
$z_b$	Кількість кріпильних елементів, шт. $z_{b1}$ – шпильки М24 $z_{b2}$ – гвинти М16)	6 18
$D_b$	Внутрішній діаметр перехідної втулки у місці з'єднання головки з розподільником розплаву з урахуванням можливого ущільнення стику, м	0,07
$H_\phi$	Висота каналу філь'єри в місці приєднання до корпусу головки з урахуванням можливого ущільнення стику, м	0,05
$B_\phi$	Ширина каналу філь'єри у місці приєднання до корпусу головки з урахуванням можливого ущільнення стику, м	0,58
	Матеріал шпильок – сталь 20	

Виконуємо розрахунок на міцність шпильок, що кріплять головку до розподільника розплаву.

Силу, що відриває головку від розподільника розплаву, розраховуємо по формулі:

$$Q = AD_A \frac{\pi}{4} D_a^2 = 4,6 \cdot 10^6 \frac{3,14}{4} 0,07^2 = 17702 \text{ Н.} \quad (4.51)$$

Сила, що діє шпильку:

$$Q_a = \frac{Q}{Z_{a1}} \frac{17702}{6} = 2950 \text{ Н.} \quad (4.52)$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДП.10.ПЗ</i>					

Розрахункова сила, що навантажує 1 шпильку:

$$T_{a1} = (1,3k_1(1-\chi))T_a = (1,3 \cdot 1,3(1-0,2))2950 = 4573 \text{ Н.}$$

Напруга розтягування, що виникає в шпильці, дорівнює:

$$\sigma_a = \frac{T_{a1}}{F_{a1}} = \frac{4573}{3,174 \cdot 10^{-4}} = 14,4 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт запасу міцності по межі плинності знаходимо з формули:

$$n_1 = \frac{\sigma}{\sigma_p} = \frac{220}{14,4} = 15,2.$$

Виконуємо розрахунок на міцність гвинтів, що кріплять плиту філь'єри до корпусу головки. Силу, що відриває плиту філь'єри від корпусу головки, розраховуємо з формули:

$$Q = \sum_{i=1}^6 \Delta D(A_o I_o) = 3,4 \cdot 10^6 \cdot 0,58 \cdot 0,05 = 98600 \text{ Н.}$$

Сила, що діє на гвинт:

$$Q_{\Gamma} = \frac{Q}{Z_{a2}} = \frac{98600}{18} = 5478 \text{ Н.}$$

Розрахункова сила, що навантажує один гвинт, дорівнює:

$$T_{\Gamma 1} = (1,3k_1(1-\chi))Q_{\Gamma} = (1,3 \cdot 1,3(1-0,2))5478 = 8490 \text{ Н.}$$

Напруга розтягування, яка виникає в гвинті, становить:

$$\sigma_{\Gamma} = \frac{T_{\Gamma 1}}{F_{a2}} = \frac{8490}{1,41 \cdot 10^{-4}} = 60,2 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт запасу міцності по межі плинності знаходимо з формули:

$$n_1 = \frac{\sigma_{\Gamma}}{\sigma_{\Gamma}} = \frac{400}{60,2} = 6,6.$$

Тобто міцність елементів головки забезпечується повністю.

#### 4.9. Тепловий розрахунок

Метою розрахунку є визначення кількості тепла, необхідного для підведення електронагрівачам.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### *Вихідні дані для розрахунку*

Потужність, встановлена електродвигуном	N = 37 кВт
Продуктивність (по поліетилену)	G <sub>М</sub> = 100 кг/год.
Початкова температура сировини	T <sub>П</sub> = 20 °С
Кінцева температура сировини	T <sub>к</sub> = 180 °С
Температура поверхні кожуха	T <sub>к</sub> = 45 °С
Температура повітря	T <sub>пов</sub> = 20 °С
Ширина теплообмінної поверхні	B = 0,23 м
Довжина теплообмінної поверхні	L = 1,382 м
ККД приводу пресу	η <sub>1</sub> = 0,6
ККД електродвигуна	η <sub>2</sub> = 0,9

Тепловий баланс пресу:

$$Q_N + Q_{QI} = G_M C_M (T_k - T_P) + Q_{втр}, \quad (4.53)$$

де Q<sub>N</sub> – кількість тепла, що виділяється при максимальній потужності:

$$Q_N = 860 N \eta_1 \eta_2 = 860 \cdot 37 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 17183 \text{ ккал/год.} = 71996 \text{ кДж/год.};$$

Q<sub>втр</sub> – втрати тепла в навколишнє середовище:

$$Q_{втр} = Q_k + Q_{випр}, \quad (4.54)$$

де Q<sub>к</sub> – втрати тепла в навколишнє середовище через конвекцію:

$$Q_k = \alpha_k F (T_{кож} - T_{пов}),$$

де F – площа теплообмінної поверхні пресу:

$$F = BL = 0,23 \cdot 1,382 = 0,318 \text{ м}^2; \quad (4.55)$$

α<sub>к</sub> – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу у навколишнє середовище, визначений з формули:

$$\alpha_k = \frac{Nu \lambda_M}{H}, \quad (4.56)$$

де Nu – критерій Нуссельта; λ<sub>М</sub> – коефіцієнт теплопровідності при середній температурі,

Критерій Нуссельта визначається з формули:

$$Nu = C (Gr \cdot Pr)_m^n, \quad (4.57)$$

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Gr – критерій Грасгофа, визначений з формули:

$$Gr = \frac{\beta V^3 g \Delta T}{\mu^2}. \quad (4.58)$$

Розрахункова температура дорівнює:

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

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності за розрахункової температури:

$$\lambda_m = 9,6 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}} \text{ – коефіцієнт теплопровідності;}$$

$$\nu_m = 16,48 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} \text{ – коефіцієнт кінематичної в'язкості;}$$

$$Pr = 0,3 \text{ – критерій Прандтля.}$$

За формулою (4.58) знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta V^3 g \Delta T}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,23^3 \cdot 9,8 \cdot 10^{12}}{16,48^2} (45 - 20) = 35,85 \cdot 10^6.$$

$$Gr \cdot Pr = (35,85 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 25,09 \cdot 10^6.$$

Критерій Нуссельта знаходимо з формули (4.57):

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)_m^n = 0,54(25,09 \cdot 10^6 \cdot 0,3)^{1/4} = 38,22$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу у навколишнє середовище, визначається з формули (4.56):

$$\alpha_k = \frac{Nu \lambda_m}{H} = \frac{38,22 \cdot 0,0023}{0,23} = 14,3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Втрати тепла у навколишнє середовище через конвекцію знаходимо з формули (4.54):

$$Q_k = \alpha_k F (T_{\text{кож}} - T_{\text{пов}}) = 3,84 \cdot 0,318 (45 - 20) = 129240, \text{ Дж/год.}$$

Втрати тепла у навколишнє середовище через випромінювання знаходимо з формули:

$$Q_{\text{випр}} = 4,9 E F \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) =$$

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$=4,9 \cdot 0,6 \cdot 0,318^2 \left( \left( \frac{306,5}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right) = 54,3 \cdot 10^3 \text{ Дж/год.}$$

де  $E = 0,6$  – степінь чорноти матеріалу кожуха;  $T_1 = 306,5 \text{ }^\circ\text{C}$  – абсолютна температура кожуха;  $T_2 = 293 \text{ }^\circ\text{C}$  – абсолютна температура навколишнього середовища.

Втрати тепла у навколишнє середовище визначаємо з формули (4.54):

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{к}} + Q_{\text{випр}} = (129,4 + 54,3) \cdot 10^3 = 183,7 \cdot 10^3, \text{ Дж/год.}$$

Кількість тепла, підведеного до корпусу електронагрівачами дорівнює:

$$Q_{\text{QI}} = G_{\text{M}} C_{\text{M}} (T_{\text{к}} - T_{\text{п}}) + Q_{\text{втр}} - Q_{\text{N}} =$$

$$= (100 \cdot 2,3 \cdot (180 - 20) + 183,7 - 71996) \cdot 10^3 = 36179 \cdot 10^3 \text{ Дж/год.}$$

Для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла у навколишнє середовище в пресі встановлено 10 індукційних нагрівачів типу ІОТ-15 потужністю 1,5 кВт.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ

### ДЕТАЛІ ГРАНУЛЯТОРА

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, оснащення, ріжучий і вимірювальний інструмент
10	Заготівельна Установити закріпити зняти (УЗЗ)	Прокат $\varnothing 42$ , сталь 40Х ГОСТ 1050-78, відрізний верстат
10.1	Відрізати заготовку довжиною $L=150\text{мм}$	Дискова відрізна фреза $\varnothing 200$ , Р6М5, ШЦ-1
20	Фрезерно-центрувальна УЗЗ	Фрезерно-центрувальний верстат, лещата.
20.1	Фрезерувати заготовку в розмір $L=148\text{мм}$	Дискова фреза $\varnothing 200$ , Р6М5, ШЦ-1
20.2	Зробити центрові отвори $\varnothing 4$	Центрувальне свердло $\varnothing 4$ ; Р6М5
30	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізальний верстат 16К20, повідковий патрон, центра, поводок.
30.1	Точити пов.1 на $l < 148\text{мм}$ (поводок), $\varnothing 40$ начорно	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ ; $V \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
30.2	Точити пов.2 на $l=77,5\text{мм}$ , $\varnothing 35$ начорно	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^\circ$ , $\gamma=12^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ ; $V \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
30.3	Точити пов.2 на $l=77,5\text{мм}$ , $\varnothing 35$ к6 начисто	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^\circ$ , $\gamma=12^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ ; $V \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
30.4	Точити пов.3 на $l=42\text{мм}$ , $\varnothing 30$ ; начорно.	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^\circ$ , $\gamma=12^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ ; $V \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
30.5	Точити пов.3 на $l=42\text{мм}$ , $\varnothing 30$ к6 начисто	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^\circ$ , $\gamma=12^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ ; $V \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
30.6	Зняти фаску $1,5 \times 45^\circ$ пов.4	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^\circ$ , $\gamma=10^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ ; $V \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ , ШЦ1
40	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізальний верстат 16К20, повідковий патрон,

<b>ДП. 10. ПЗ</b>				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Разроб.		Ерко В.А.		
Перевір.				
Керівник		Соколенко А.І.		
Н. Кантр.				
Затвердив				
<b>Технологічний маршрут виготовлення деталі гранулятора</b>				
		Лит.	Арк.	Аркушів
<b>НУХТ ПУ-4-15</b>				

40.1	Точити пов.1 на $l=70$ (поводок), $\varnothing 40$ рб начисто	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$ , $\gamma=10^{\circ}$ , $\alpha=8^{\circ}$ ; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
40.2	Точити пов.2 $\varnothing 35$ на $l=30$ мм, начорно	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^{\circ}$ , $\gamma=12^{\circ}$ , $\alpha=8^{\circ}$ ; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
40.3	Точити пов.2 $\varnothing 35$ к6 на $l=30$ мм, начисто	Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^{\circ}$ , $\gamma=12^{\circ}$ , $\alpha=8^{\circ}$ ; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
40.4	Зняти фаску $1,5 \times 45^{\circ}$ пов.3	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$ , $\gamma=10^{\circ}$ , $\alpha=8^{\circ}$ ; ВхНхL=16x25x140, ШЦ1
50	Фрезерна УЗЗ	Шпонковий фрезерний верстат призми, затискачі.
50.1	Фрезерувати шпон- ковий паз $l=35$ . $b=5$ мм пов.1	Пальцева фреза $\varnothing 8$ Р9, Т15Л6, ШЦ.
50.2	Фрезерувати шпон- ковий паз $l=35$ . $b=5$ мм пов.2	Пальцева фреза $\varnothing 8$ Р9, Т15Л6, ШЦ.
60	Свердлильна(УЗЗ)	Горизонтальний розточний верстат, кондуктор, лещата, упор.
60.1	Свердлити 1 отв. М10-7Н	Свердло $\varnothing 10$ , Р6М5
60.2	Нарізати різьбу під М10-7Н	Мітчиком $\varnothing 3$
70	Шліфувальна, УЗЗ	Кр. шліф. верстат 3М150, центри, поводок
70.1	Шліфувати начорно $\varnothing 30$ к6 пов.1	Круг 1 250x25x32 14AF40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 30к6
70.2	Шліфувати начисто $\varnothing 30$ к6 пов.1	Круг 1 250x25x32 14AF40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 30к6
70.3	Шліфувати начорно $\varnothing 35$ к6 пов.2	Круг 1 250x25x32 14AF40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 35к6
70.4	Шліфувати начисто $\varnothing 35$ к6 пов.2	Круг 1 250x25x32 14AF40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 17к6
70.5	Шліфувати начорно $\varnothing 40$ рб пов.3	Круг 1 250x25x32 14AF40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 40рб
70.6	Шліфувати начисто $\varnothing 40$ рб пов.3	Круг 1 250x25x32 14AF40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 40рб
80	Шліфувальна, УЗЗ	Кр. шліф. верстат 3М150, центри, поводок
80.1	Шліфувати начорно $\varnothing 35$ к6 пов.1	Круг 1 250x25x32 14AF40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 35к6
80.2	Шліфувати начисто $\varnothing 35$ к6 пов.1	Круг 1 250x25x32 14AF40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 35к6

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$L_3 = 0$  мм – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

$$L_p = 40 + 2 + 1,25 + 0 = 43,25 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L_p}{n_B S_B} = \frac{43,25}{1250 \cdot 0,4} = 0,086 \text{ хв.}$$

**Перехід 30.2.** Точити пов.2  $\varnothing 35,5$ к6 начорно на  $l = 77,5$  мм.

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні  $t = \frac{40-35}{2} = 2,5$  мм. Для чорнової обробки поверхні приймаємо глибину різання  $t = 1$  мм. На чистову обробку залишається  $t = 0,25$  мм з умови, що 8 квалітет точності відповідає шорсткості  $Ra = 2,5$  і рекомендована глибина різання на чистову обробку  $t = 0,3 \dots 0,4$  мм.

2. Вибираємо подачу (табл. 1, додаток А). Приймаємо  $S_B = 0,4$  мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{150}{120^{0,2} 1^{0,15} 0,4^{0,35}} = 79,3 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 79,3}{\pi \cdot 40} = 631,36 \text{ об/хв.,}$$

де  $D_{\text{заг}}$  – діаметр заготовки, м.

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення:  $n_B = 1250$  об/хв.

6. За прийнятим значенням  $n_B$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_B}{1000} = \frac{\pi 40 \cdot 1250}{1000} = 157 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3,$$

де  $L_d = 77,5$  мм – довжина оброблюваної поверхні;  $L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;  $L_2 = t \text{ctg} \varphi = 1,25 \text{ctg} 90^\circ = 1,25$  мм – величина врізання прохідного відігнутого правого різця у заготовку;

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L_3 = 0$  мм – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні.

$$L_p = 77,5 + 2 + 1,25 + 0 = 80,75 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу  $t_{02} = \frac{L_p}{n_B S_B} = \frac{80,75}{1250 \cdot 0,4} = 0,161$  хв.

**Перехід 30.3.** Точити пов.2  $\varnothing 35k6$  начисто на  $l = 77,5$  мм

1. Глибина різання при чистовій обробці становить  $t = 0,25$  мм.

2. Вибираємо подачу (табл. 3, додаток А) при чистовому точінні із шорсткістю  $Ra = 2,5$  що відповідає 6 квалітету точності та радіусу при вершині різця. Вона повинна бути в інтервалі подач  $S = 0,12 \div 0,16$  мм/об. За паспортними даними верстата приймаємо  $S_B = 0,15$  мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,3} t^{0,1} S^{0,25}} = \frac{230}{120^{0,3} 0,25^{0,1} 0,15^{0,25}} = 105,2 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 105,2}{\pi \cdot 40} = 837,5 \text{ об/хв.},$$

де  $D_{\text{заг}}$  – діаметр заготовки, мм;

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення  $n_B = 1000$  об/хв.

6. За прийнятим значенням  $n_B$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_B}{1000} = \frac{\pi 40 \cdot 1000}{1000} = 136 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3,$$

де  $L_d = 77,5$  мм – довжина оброблюваної поверхні;  $L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;  $L_2 = t \text{ctg} \varphi = 0,25 \text{ctg} 90^\circ = 0,25$  мм – відстань врізання у заготовку прохідного відігнутого правого різця;  $L_3 = 0$  мм – відстань перебігу різця для повної обробки поверхні.

$$L_p = 77,5 + 2 + 0,25 + 0 = 79,75 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{03} = \frac{L_p}{n_B S_B} = \frac{79,75}{1000 \cdot 0,15} = 0,531 \text{ хв.}$$

**Перехід 30.4.** Точити пов.3 Ø 30к6 начорно на  $l = 42$  мм.

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні  $t = \frac{35-30}{2} = 2,5,5$  мм. Для чорнової обробки поверхні приймаємо глибину різання  $t = 1,25$  мм. На чистову обробку залишається  $t = 0,25$  мм з умови, що 8 квалітет точності відповідає шорсткості  $Ra = 2,5$  і рекомендована глибина різання на чистову обробку  $t = 0,3 \dots 0,4$  мм.

2. Вибираємо подачу (табл. 1, додаток А). Приймаємо  $S_B = 0,4$  мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{150}{120^{0,2} 1,25^{0,15} 0,4^{0,35}} = 76,7 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 76,7}{\pi \cdot 35} = 697,9 \text{ об/хв.,}$$

де  $D_{\text{заг}}$  – діаметр заготовки, м.

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення:  $n_B = 1000$  об/хв.

6. За прийнятим значенням  $n_B$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_B}{1000} = \frac{\pi 30 \cdot 1000}{1000} = 94,2 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3,$$

де  $L_d = 42$  мм – довжина оброблюваної поверхні;  $L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;  $L_2 = t \text{ctg} \varphi = 1,25 \text{ctg} 90^\circ = 1,25$  мм – величина врізання прохідного відігнутого правого різця у заготовку;  $L_3 = 0$  мм – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні.

$$L_p = 42 + 2 + 1,25 + 0 = 440,75 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{02} = \frac{L_p}{n_B S_B} = \frac{44,75}{1000 \cdot 0,4} = 0,112 \text{ хв.}$$

**Перехід 30.5.** Точити пов.3 Ø 30k6 начисто на  $l = 42$  мм.

1. Глибина різання при чистовій обробці становить  $t = 0,25$  мм.

2. Вибираємо подачу (табл. 3, додаток А) при чистовому точінні із шорсткістю  $Ra = 2,5$  що відповідає 8 квалітету точності та радіусу при вершині різця . Вона повинна бути в інтервалі подач  $S = 0,18 \div 0,22$  мм/об. За паспортними даними верстата приймаємо  $S_B = 0,2$  мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,3} t^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{120^{0,3} 0,25^{0,1} 0,2^{0,25}} = 89 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 105,2}{\pi \cdot 35} = 957,2 \text{ об/хв.,}$$

де  $D_{\text{заг}}$  – діаметр заготовки, мм.

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення  $n_B = 1000$  об/хв.

6. За прийнятим значенням  $n_B$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_B}{1000} = \frac{\pi 35 \cdot 1000}{1000} = 109,9 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3,$$

де  $L_d = 42$  мм – довжина оброблюваної поверхні;  $L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;  $L_2 = t \text{ctg} \varphi = 0,25 \text{ctg} 90^\circ = 0,25$  мм – відстань врізання у заготовку прохідного відігнутого правого різця;  $L_3 = 0$  мм – відстань перебігу різця для повної обробки поверхні.

$$L_p = 42 + 2 + 0,25 + 0 = 44,75 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу

$$t_{03} = \frac{L_p}{n_B S_B} = \frac{44,75}{1000 \cdot 0,15} = 0,298 \text{ хв.}$$

**Перехід 30.6.** Точити фаску  $1,5 \times 45^\circ$ .

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. Затрачений час на точіння галтелей, зняття фасок визначається за табл. 6, додаток А і приймається як основний час  $t_{04} = 0,18$  хв.

Основний час на виконання всієї токарної операції становить:

$$T_0 = \sum_1^i t_{oi} = 0,086 + 0,161 + 0,298 + 0,531 + 0,112 + 0,18 = 1,368 \text{ хв.}$$

#### 40 Токарна

**Перехід 40.1.** Точити пов.1  $\varnothing 40$ p6 начисто на  $l = 70$  мм.

1. Глибина різання при чистовій обробці становить  $t = 0,25$  мм.

2. Вибираємо подачу (табл. 3, додаток А) при чистовому точінні із шорсткістю  $Ra = 2,5$  що відповідає 8 квалітету точності та радіусу при вершині різця . Вона повинна бути в інтервалі подач  $S = 0,18 \div 0,22$  мм/об. За паспортними даними верстата приймаємо  $S_B = 0,2$  мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,3} t^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{120^{0,3} 0,25^{0,1} 0,2^{0,25}} = 89 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 105,2}{\pi \cdot 40} = 837,5 \text{ об/хв.}$$

де  $D_{\text{заг}}$  – діаметр заготовки, мм.

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення  $n_B = 1000$  об/хв.

6. За прийнятим значенням  $n_B$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_B}{1000} = \frac{\pi 40 \cdot 1000}{1000} = 125,6 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

						<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3,$$

де  $L_d = 30$  мм – довжина оброблюваної поверхні;  $L_1 = 2$  мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;  $L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,25 \operatorname{ctg} 90^\circ = 1,25$  мм – величина врізання прохідного відігнутого правого різця у заготовку;  $L_3 = 0$  мм – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

$$L_p = 30 + 2 + 1,25 + 0 = 33,25 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L_p}{n_p S_B} = \frac{33,25}{1000 \cdot 0,4} = 0,083 \text{ хв.}$$

**Перехід 40.3.** Точити пов.2  $\varnothing 35$ к6 начисто на  $l = 30$  мм.

1. Глибина різання при чистовій обробці становить  $t = 0,25$  мм.

2. Вибираємо подачу (табл. 3, додаток А) при чистовому точінні із шорсткістю  $R_a = 2,5$  що відповідає 6 квалітету точності та радіусу при вершині різця. Вона повинна бути в інтервалі подач  $S = 0,12 \div 0,16$  мм/об. За паспортними даними верстата приймаємо  $S_B = 0,15$  мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,3} t^{0,1} S^{0,25}} = \frac{230}{120^{0,3} 0,25^{0,1} 0,15^{0,25}} = 105,2 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 105,2}{\pi \cdot 35} = 957,2 \text{ об/хв.,}$$

де  $D_{\text{заг}}$  – діаметр заготовки, мм.

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення  $n_B = 1000$  об/хв.

6. За прийнятим значенням  $n_B$  визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_B}{1000} = \frac{\pi 35 \cdot 1000}{1000} = 109,9 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



емпіричною формулою. При обробці конструкційної сталі шпонковими фрезами швидкорізальної сталі:

$$V_p = \frac{13,6D_\phi^{0,3}}{T^{0,26}t^{0,3}S_z^{0,25}} = \frac{13,6 \cdot 8^{0,3}}{60^{0,26}0,35^{0,3}0,1^{0,25}} = 21,3 \text{ м/хв.},$$

де  $T = 60$  хв. – стійкість фрези.

5. Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D_\phi} = \frac{1000 \cdot 21,3}{\pi \cdot 8} = 848 \text{ об/хв.}$$

6. Розрахункову кількість обертів  $n_p$  корегуємо за паспортом шпонково-фрезерного верстата, і приймаємо найближче менше значення  $n_b = 1000$  об/хв., яке використовується у подальших розрахунках.

7. За прийнятим значенням  $n_b$  визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi D_\phi n_b}{1000} = \frac{8\pi \cdot 1000}{1000} = 25,1 \text{ м/хв.}$$

8. Визначаємо подачу на 1 оберт фрези:  $S_{об.фр} = S_{об.фр}Z$ .

9. Визначимо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = S_{об.фр}n_b = 0,1 \cdot 4 \cdot 1000 = 400 \text{ мм/хв.}$$

10. Із ряду паспортних даних шпонково-фрезерного верстата приймаємо поперечну подачу  $S_{хв} = 415$  мм/хв.

11. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 = 34 + 2 + 9 = 45 \text{ мм},$$

де  $L_d = 35$  мм – довжина фрезерування (згідно креслення деталі);  $L_1 = 2$  мм – відстань підводу інструменту до заготовки з робочою подачею;  $L_2$  – відстань врізання і перебігу інструмента, яка залежить від типу фрези (табл. 39).

12. Основний час на перехід 50.1 знаходимо за формулою:

$$t_{01} = \frac{L_p n}{S_{хв}} = \frac{45 \cdot 10}{400} = 1,12 \text{ хв.}$$

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ОБЛАДНАННЯ

### 6.1. Вимоги до обладнання і підготовка його до експлуатації

Лінія для вторинної переробки використаних полімерів встановлюється у приміщенні, в якому температура навколишнього середовища знаходиться в межах від +5 °С до +35 °С, відносна вологість повітря менше 80%.

Екструдер встановлюється і балансується на бетонному фундаменті і фіксується на ньому за допомогою анкерних болтів. Відстань між стіною приміщення і задньою стінкою агрегату повинна бути не менш 2,5 м, основні проходи по загальному фронту обслуговування екструдера – 1,5 м, а робочі проходи між агрегатами – не менш 1 м.

Екструдер з живильником може бути встановлений на першому поверсі або вище. У такому випадку додатково враховується наявність динамічних ударів при підйомі форм під час роботи.

Проведення джерел енергії, пневмовідведення, а також система водяного охолодження виконується знизу або у каналах під стелею у випадку встановлення машини на поверсі вище першого. Для правильної тривалої експлуатації агрегату необхідно підтримувати температуру підведеної охолоджувальної води в межах 6-8 °С під тиском 350 КПа:

- стиснуте повітря на видування під тиском 558 КПа повинно мати гранично допустимий вміст вологи не більш 10 г/м<sup>3</sup>;
- система напруги мережі 50 ± 0,5 Гц, 380 В +5 %.

Перед пуском необхідно здійснити загальний контроль електроустаткування, провести підтяжку всіх гвинтових з'єднань. Необхідно також перевірити напрямок обертання електродвигунів, справність приладів регулювання температури окремих зон нагрівання, пульт автомата керування, захисне

	реле				<i>ДП. 10.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Монтаж, експлуатація, обслуговування та ре- монт обладнання</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разроб.</i>	<i>Ерко В.А.</i>							
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>	<i>Соколенко А.І.</i>					<i>НУХТ ПУ-4-15</i>		
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								

Необхідно перевірити змащення механізмів обладнання. Після завершення зборки агрегат піддається іспиту: як механічна частина машини, так і механізми керування.

Необхідно пам'ятати, що іспити проводяться без сировини.

Усі роботи з монтажу, зборки та обслуговування агрегату, а також промислової експлуатації здійснюють працівники належної кваліфікації.

## **6.2. Підготовка до пуску, пуск і експлуатація агрегату**

Запуск екструдера можливий тільки лише після ретельного прогріву робочого циліндра і головки. Після підключення регулятора оборотів до напруги кнопкою А2 здійснюється попередній вибір числа технологічних оборотів без розгону головного двигуна. При керуванні приводом регулятор повинний бути постійно включений а запуск і зупинка повинні здійснюватися лише за допомогою поворотного органа керування. Після заповнення завантажувальної лійки і закриття шибера необхідно включити нагрівальні елементи головки і робочого циліндра; після нагрівання до заданої температури включити охолодження.

Включити автоматичний режим роботи і гідросистему, відірвати рукав, закрити запобіжні дверцята і натиснути кнопку "Старт автоматичного циклу".

Якщо екструзійна заготівка не повною мірою пластифікована, а виріб не формується, виконується коректування температурного режиму доти, поки не будуть досягнуті оптимальні умови переробки. Після кожної зміни технологічного режиму необхідно витримати 10-15 хв. для досягнення стабільного рівноважного стану агрегату.

Після встановлення оптимальних температур усіх зон і прийнятої швидкості обертання шнека здійснюється остаточне регулювання шланга заготівлі та проведення роботи допоміжних вузлів.

Необхідно знати, що точна температура процесу переробки ПЕНТ ком-

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

позиції різна в залежності від виду матеріалу, що переробляється. Вона має бути встановлена практично в кожному конкретному випадку.

Рекомендована температура запуску агрегату – 150 °С у всіх зонах при перекритій подачі води на завантажувальну лійку.

Після падіння навантаження на шнек, необхідно відкрити подачу і знизити температуру переробки у зонах. 1 зона – 100 °С; 2 зона – 110...130 °С; 3 зона – 125...135 °С; 4 зона – 120 °С; 5 зона – 140...150 °С.

Рекомендується переробляти сировину у суміші з дробленими відходами цієї ж марки і партії у співвідношенні 1 : 1.

Рекомендується замінити решітку, на запобіжних дверцятах оргсклом для кращого контролю за процесом екструзії, змінити схеми включення шнека, блокування зависання, розвантаження гідроакумуляторів.

При зупинці агрегату необхідно після прогону матеріалу і витримки близько 5 хв. прогнати приблизно двісті грамів ПЕТ або ПЕНТ сировини, після цього завантажити поліетилен, прогнати його на знижених температурах.

**Регулювання к. 43.** Необхідно установити таким чином, щоб він спрацьовував у крайньому верхньому положення форми при ручному керуванні. Регулювання к. 52 і к. 53 виконати в такий же спосіб, щоб вони спрацьовували при незначному підйому відривної планки.

Рекомендується звернути увагу на ретельне регулювання положення видувних ніпелів: регулювання їх здійснюється методом мінімального наближення до форми для забезпечення якісного формування горловини флакона.

### **6.3. Ремонт обладнання**

**Поточний ремонт.** Під час поточного ремонту ліквідовують несправності заміною чи відновленням складових частин, а також проводять регульовальні роботи.

#### **Середній ремонт**

- 1) перевірка всіх механізмів з частковою їх розборкою;
- 2) ремонт окремих вузлів з заміною деталей;

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3) чистка всіх підшипників, планова заміна кулькових і роликів підшипників;
- 4) зачистка пошкоджених поверхонь;
- 5) перевірка і заміна зношених прокладок, ущільнень і кріпильних деталей;
- 6) зборка машини, перевірка кріплень вузлів і механізмів, регулювання і випробовування на ходу;

### ***Капітальний ремонт***

- 1) відключити електроживлення і подачу повітря, зняти огороження і розібрати машину на основні вузли. Очистити вузли, промити і комплектувати для проведення ремонту;
- 2) заміна всіх зношених вузлів і деталей чи реставрація з доведенням їх до розмірів установлених технологічними умовами;
- 3) ретельне вивіряння, центрування і балансування вузлів і деталей обладнання;
- 4) вивіряння рами машини з ремонтом;
- 5) перевірка, чистка і ремонт повітроводів, трубопроводів з установленою арматурою;
- 6) регулювання або заміна всіх пристроїв автоматики і керування;
- 7) фарбування окремих частин машини;
- 8) комплексна перевірка регулювання і випробовування.

### ***Структура ремонтного циклу машини***

1. Структура ремонтного циклу машини:

К-О-О-О-О-О-П<sub>1</sub>-О-О-О-О-О-С<sub>1</sub>-О-О-О-О-О--О-О-О-О-О-П<sub>2</sub>-О-О-О-О-О-С<sub>2</sub>-  
О-О-О-О-О-П<sub>3</sub>-О-О-О-О-О-К<sup>2</sup>

К – 18 міс., С – 6 міс., П – 3 міс., О – 0,5 міс.

2. Категорія складності ремонту машини визначається з відношення часу, затраченого на капітальний ремонт в люд./год., до умовної ремонтної одиниці:

					<b><i>ДП.10.ПЗ</i></b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{t_{кр}}{r} = \frac{470,8}{35} = 13,4.$$

3. Трудоемність ремонту машини:

$$T_0 = K \times R = 1,0 \times 13,4 = 13,4;$$

$$T_{II} = K \times R = 7,0 \times 13,4 = 93,8;$$

$$T_C = K \times R = 21,0 \times 13,4 = 281,4,$$

де, К – умовна ремонтна одиниця відповідно для огляду, поточного ремонту і середнього ремонту.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно закону про охорону праці України необхідно створити нешкідливі і безпечні умови експлуатації нових машин, механізмів, обладнання для обслуговуючого персоналу, також необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

Закон України про охорону праці встановлює пріоритет життя і здоров'я працівників, комплексне рішення програми праці, соціальний захист працівників, постраждалих в результаті нещасного випадку.

Законом встановлюються нормативні документи, вимоги яких відповідають або вище за міжнародні норми і правила.

Поліпшення умов праці, підвищення його безпеки впливають на результати виробництва, на продуктивність праці, якість і собівартість продукції, що випускається.

Поліпшення умов праці і його безпеки призводить до зниження виробничого травматизму, професійних захворювань, що зберігає здоров'я працюючих і одночасно призводить до зменшення витрат на сплату пільг і компенсацій за роботу в несприятливих умовах праці, оплати наслідків такої роботи, лікування, перепідготовку працівників виробництва у зв'язку з плінністю кадрів з причин, пов'язаних з відповідними умовами праці.

Технічне завдання дипломного проектування передбачає розрахунок і проектування лінії для грануляції відходів з поліетилену. Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор лінії. Пульст оператора знаходиться у виробничому приміщенні. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування спланувати заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ерко В.А.</i>			<i>Охорона праці</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>		<i>Соколенко А.І.</i>						
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								
						<i>НУХТ ПУ-4-15</i>		

Лінія для грануляції полімерів призначена для переробки відходів різних видів поліетилену.

Плівкові відходи подрібнюються подрібнювачем, подаються в накопичувальний бункер, потім надходять у черв'ячний екструдер, де вони пластифікуються, гомогенізуються, видавлюються через головку екструдера у вигляді стренг, поступають у пристрій гарячого гранулювання, гранулюються, сушаться і пакуються.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини можуть бути:

- повітря робочої зони;
- промислове освітлення;
- ураження електричним струмом;
- вплив рухомих і обертальних деталей і механізмів;
- виробничий шум і вібрація;
- пожежна безпека.

Особливо потрібно звернути увагу на виробниче освітлення і пожежну безпеку.

## **7.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів**

### **7.1.1. Електробезпека**

Лінія для грануляції полімерних відходів, що модернізується, має знаходитися у сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна.

Згідно ПУЕ приміщення відноситься до приміщень з підвищеною безпекою.

На пульті управління машиніста напруга  $U = 220 \text{ В}$ , частота  $f = 50 \text{ Гц}$ , для питомих електродвигунів напругою  $U = 380 \text{ В}$ , частота  $f = 50 \text{ Гц}$ . Тип електромережі – різноманітний із глухо заземленою нейтраллю.

Основними причинами дії струму на людину є:

- коротке замикання;

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- випадкове притискання або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин;
- виникнення напруги на металічних частинах обладнання в результаті пошкодження ізоляції або помилкових дій персоналу;
- крокова напруга.

У зв'язку з цим основними заходами від ушкодження струмом є:

- - ізоляція ( $R_m = 0,5 \text{ МОм}$ ,  $H = 3,5 \text{ м}$ );
- - недосяжність струмоведучих частин;
- - електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- - захисне занулення;
- - рубильники включення мають бути закриті у спеціальних шафах;
- - при роботі з електроінструментом, потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

Забороняється:

- проводити роботи на незаземлених вузлах лінії;
- розбирати і ремонтувати обладнання лінії без вимкнення електричної мережі;
- допускати удари металічними предметами для запобігання іскроутворенню;
- проводити зварювальні роботи;
- залишати лінію, що працює, без нагляду оператора;
- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і перевірку знань по питанням охорони безпеки.

### **7.1.2. Небезпека впливу рухомих і обертальних частин**

Рухомими частинами лінії для гранулювання є: муфти і ротори електродвигунів.

Усі рухомі частини представляють підвищену небезпеку при експлуа-

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тації, оскільки можливі механічні травми у обслуговуючого персоналу. Для уникнення нещасних випадків усі обертальні і рухомі частини мають бути закриті суцільним або сітчастим обгороджуванням. Розміри сторін осередків сітчастого обгороджування не більше 10 мм.

Експлуатувати лінію зі знятим огороженням, несправними або відключеними блокуваннями суворо забороняється. Також забороняється проводити ремонт і наладку вузлів лінії під час її роботи.

### **7.1.3. *Небезпека дії елементів устаткування, нагрітих до високих температур***

Небезпечними елементами лінії для грануляції є: поверхні корпусу пресу, головки; їх температура може досягати 200 °С.

Для уникнення термічних травм нагріті елементи лінії закривають спеціальними кожухами і маркують застережливими знаками про наявність високої температури. Застережливі знаки ставляться на поверхнях, температура яких перевищує 45 °С що відповідає СН 245-71.

### **7.1.4. *Промислове освітлення***

Лінія знаходиться в приміщенні загальною площиною не менш 1000 м<sup>2</sup> і об'ємом 3400 м<sup>3</sup>. Робота лінії здійснюється у дві зміни одним обслуговуючим оператором та машиністом. Через відсутність у приміщенні віконних отворів робота проводиться при штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – найменший об'єкт має розмір, що розглядається, більше 1 мм. Характеристика фону – світлий, контраст об'єкта різниці з фоном – великий. Виходячи з цього у приміщенні встановлено 300 ламп типу ЛОУ з люмінесцентними лампами типу ЛД-80-4, які дають освітлення  $E_{\phi} = 300$  лк. Так як  $E_{\phi} > E_{н} = 250$  лк, то освітлення приміщення відповідає нормам СНиП II-4-79 .

### **7.1.5. *Шум і вібрація***

Джерелом шуму при роботі лінії є:

					<i>Д.П.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- електродвигун;
- редуктор;
- вентилятори і система охолодження;
- ланцюгові передачі;

Можливі обмеження виробничого шуму:

- змазка всіх поверхонь, що труться; наявність прокладкових матеріалів;
- застосування захисних кожухів.

В результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму 70 дБ, а нормативне значення що відповідає ДСН 3.36.037 – 99.

Підвищені значення вібрацій виникають через неточність установки обертальних частин, нещільність з'єднання корпусів обертальних частин з фундаментом.

Біля екструдера спостерігається технологічна вібрація, яка переходить через опорні поверхні на оператора. Робітник слабо піддається вібрації, бо знаходиться далеко від основи машини – біля пульту управління. Таким чином спільна вібрація не діє на організм оператора.

Зниження вібрації досягається впровадженням наступних заходів:

- шляхом установки лінії на фундамент;
- за рахунок використання амортизаторів;
- за рахунок додаткових ребер жорсткості;
- покриття корпусів редукторів: жорстких, металічних, на основі алюмінію (тому що спостерігаються вібрації низьких частот).

Рівень технологічної вібрації у виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039-99.

Загальний час роботи у контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15...20 хв. При такому режимі обідня перерва має бути не менше 40 хв.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 7.1.6. Повітря робочої зони

Робота оператора на установці – важка фізична робота, оскільки лінія працює в умовах шуму та теплових виділень. Робота проводиться у 3 зміни, цілодобово, за будь-якої пори року.

Енерговитрати за таких умов праці складають більш 300 Дж/с. У зв'язку з цим передбачена можливість відпочинку персоналу.

Фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні наведені у табл. 7.1, а виділення шкідливих речовин в робочу зону в табл. 7.2.

Таблиця 7.1. Параметри навколишнього середовища

Сезон року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/з
Холодний і перехідний періоди року	середньої тяжкості	21-24	65	0,1-0,12
Теплий період року	середньої тяжкості	26-30	55	0,15-0,2

Таблиця 7.2. Виділення шкідливих речовин у робочу зону

Речовина	Концентрація
	Фактична, мг/м <sup>3</sup>
Етилен	8
СО	16
СО <sub>2</sub>	0,01-0,02
РbO и СоO	0,005-0,009
Формальдегіди	3

Параметри повітря робочої зони і видалення шкідливих речовин, що виділяються при переробці полімерів, та їх нейтралізація повинні забезпечуватися виробником за допомогою відповідних пристроїв і засобів. Ефективність пристроїв має бути така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

запилення повітря у робочій зоні не перевищувала санітарних норм, встановлених ГОСТ 12.1.005-88 і СніП 2 04.05-84.

У зв'язку з виділенням тепла у робочій зоні необхідні параметри навколишнього середовища як в теплу так і в холодну пори року забезпечуються вентиляцією.

В якості загальнообмінної застосовується механічна припливно-витяжна вентиляція. У цій системі повітря подається у приміщення припливною вентиляцією а видаляється витяжною, що працюють одночасно.

### **7.1.7. Пожежна безпека**

На ділянці, де працює лінія для грануляції може загорітися: промаслене ганчір'я, машинне масло, електропроводка, електрообладнання, сировина, яка завантажується у черв'ячний прес. Отже приміщення, де знаходиться лінія, відноситься до категорії "В" ОНТП 24-86, і класу зони П-І ( ПУЕ).

Це категорія виробництва, в якому використовуються рідини з температурою спалаху вище 61 °С і горючий пил або волокна, нижня границя займання яких більше 65 мг/м<sup>3</sup>, тверді речовини і матеріали, що займаються, які здатні лише горіти, але не вибухати при контакті з повітрям, водою або один з одним.

Причини пожежі:

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

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

У якості засобів гасіння пожежі використовують вуглекислотні ОУ-8 або порошкові вогнегасники, щити і ящики з піском.

Під час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація – теплові оповіщувальні пристрої типу ДТП. Інформація від оповіщувачів над-

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ходить в приймальну станцію. При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. Відповідно до СН.П 2.09.02-85 у приміщенні знаходяться два евакуаційні виходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі. Ширина шляхів евакуації не менше одного метру, а ширина дверей на шляху евакуації – не менше 0,8 м.

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту на тему: "Модернізація лінії для грануляції вторинних полімерів продуктивністю 150 кг/год." модернізована стренгова головка.

Модернізація заключається у наступному: гранулятор забезпечений запресованими в кожен з проточок плити втулками з кільцевим виступом на бічній поверхні кожної з втулок для їх закріплення в плиті, кожен вкладиш виконаний з буртом, зверненим до бурту зносостійкої вставки. При цьому кожна втулка охоплює вкладиш і прилягає одним торцем до бурту вкладиша для його фіксації, а іншим притиснута до торцевої стінки кільцевої проточки плити з боку, протилежного до ножа. При роботі гранулятора забезпечується рівномірність закріплення кожної вставки у внутрішніх проточках плити, унеможливується послаблення вставок в процесі тривалої експлуатації, усувається можливість розхитування вставок.

Ще одна модернізація, яка виконана в даному проекті, заключається в тому є, що перегрібач виконаний у вигляді щонайменше одного диска, у боковій стінці кожного з яких виконано щонайменше один отвір із встановленим у ньому ворушильним штирем, при цьому зубці перегрібача розташовані на периферії кожного з дисків.

Отже виконавши дані модернізації гранулятора та завантажувального пристрою ми отримаємо більшу надійність та збільшимо продуктивність лінії до 150 кг/год.

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ермо В.А.</i>			<i>Висновки</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівник</i>		<i>Саколенко А.І.</i>				<i>НУХТ ПУ-4-15</i>		
<i>Н. Кантр.</i>								
<i>Затвердив</i>								

## ЛІТЕРАТУРА

1. Переработка пластмасс: Справочник / Под ред. В. А. Брагинского. Л.: Химия, 1985. 294 с.
2. Патент UA № 40046 МПК В29С 47/38. Одночерв'ячний екструдер / І.О.Мікульонок; заявл. 03.10.2008; опубл. 25.03.2009, бюл. № 6, 2009 р.
3. Патент UA № 43534 УДК В01F 7/24. Черв'ячний осцилюючий змішувач для полімерних матеріалів / Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Сокольський О.Л., Кравець Н.Я.; заявл. 23.02.2009; опубл. 25.08.2009, бюл. № 16, 2009 р.
4. Патент UA № 87091 МПК В29С 47/38. Черв'ячний екструдер для переробки полімерів / Кузяєв І.М., Данилін Д.С.; заявл. 09.11.2007; опубл. 10.06.2009, бюл. № 11, 2009 р.
5. Патент № 882840. Винахід для запобігання утворенню склепіння матеріалу в бункері / В.А. Богомягких, Г.С. Пархоменко; опубл. 23.11.81.
6. Патент № 903255. Винахід для зрошування сипучих матеріалів в бункері / В.И.Тумченко; опубліковано: 07.02.82.
7. 8. Патент № 170473. Гранулятор пластмас / Ю.А. Жданов, В.Г. Зверлин; В.И. Нестеренко опубл. 28.04.89.
8. Основы технологии машиностроения. Ред. В.С. Корсаков. М.: Машиностроение, 1977. 416 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя, т. 1 и 2. М.: Машиностроение, 1972. 656 с.
10. Розенплентер А. Е., Панішева Т.В. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту. Київ: КПІ, 2001.
11. Л.Б. Радченко, В.І. Сівецький "Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів" К.: Політехніка, 2002 р.

					<i>ДП. 10.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ерко В.А.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							
<i>Керівник</i>		<i>Соколенко А.І.</i>			<i>Література</i>		
<i>Н. Кантр.</i>					<i>НУХТ ПУ-4-15</i>		
<i>Затвердив</i>							

12. Басов Н.И., Казанков Ю.Ю., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. М.: Химия 1986. 352 с.
13. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Червячные машины для переработки пластмасс и резиновых смесей. М.: Машиностроение, 1965. 364 с.
14. Калинин Э.Л., Калинин Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением. М.: Машиностроение, 1985. 254 с.
15. Гурвич С.Г., Ильяшенко Г.А., Мочман Ш.Е. Расчет и конструирование машин для переработки пластических материалов. М.: Машиностроение, 1970. 354 с.
16. Ануриев В.И., Справочник конструктора-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1978. 557 с.
17. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування "Теплові розрахунки машин для переробки полімерів". К.: КПІ, 1992. 25 с.
18. Интернет ресурси

[https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%202018/19-%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F,%20%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F%20\(%D0%86%D0%95%D0%91\).pdf](https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%202018/19-%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F,%20%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F%20(%D0%86%D0%95%D0%91).pdf)

<https://plastmodern.com.ua/>

[https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/SOU-ZHKG-03.09-17\\_2010.pdf](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/SOU-ZHKG-03.09-17_2010.pdf)

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj7v7Wh\\_fnpAhXIcJoKHSVuAkcQFjAJegQIC](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj7v7Wh_fnpAhXIcJoKHSVuAkcQFjAJegQIC)

					<i>ДП. 10. ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[hAC&url=http%3A%2F%2Fjournal.puet.edu.ua%2Findex.php%2Fnavts%2Farticle%2Fdownload%2F876%2F925&usg=AOvVaw0tvbTYIdH7x4XDh40MIVYB](http://journal.puet.edu.ua/index.php?article%2Fdownload%2F876%2F925&usg=AOvVaw0tvbTYIdH7x4XDh40MIVYB)

					<i>ДП.10.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		