

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інженерії  
Кафедра Машинознавства та обладнання промислових підприємств  
Освітньо-кваліфікаційний рівень спеціаліст  
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування  
Спеціалізація Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри МОПП

\_\_\_\_\_ д.т.н., проф.  
Архипов О.Г.  
16 березня 2017 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

**Імерелі Станіслав Артурович**  
виконавець

1. Тема проекту  
*Виробництво полівінілхлоридних плівок потужністю 26 млн. м<sup>2</sup>/рік з розробкою вальців.*  
Керівник проекту (роботи) *доцент Тараненко Г.В.*

затверджені наказом вищого навчального закладу від 15 березня 2017 року № 79/78

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 30.05.2017 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Дані діючого виробництва*

---

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
*Зміст визначається "Методичними вказівками до виконання дипломного проекту" та методичними вказівками до виконання відповідних обов'язкових розділів проекту*

---

---

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників)

*5.1. Технологічна схема – 1 лист формату А1*

*5.2. Креслення загального виду апарата - 1÷2 листа формату А1*

*5.3. Креслення загального виду основних складових одиниць - 3÷4 листів формату А1*

*5.4. Креслення складних деталей – до 2 листів формату А1*

---

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16.03.2017 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання етапів	Примітки
1.	Аналітичний огляд	20.03.2017 р.	
2.	Технологічна частина	25.03.2017 р.	
3.	Конструкція та принцип дії апарата	29.03.2017 р.	
4.	Вибір конструкційних матеріалів	31.03.2017 р.	
5.	Параметричні розрахунки апарата (матеріальний баланс, технологічний розрахунок, гідравлічний розрахунок, тепловий баланс, тепловий розрахунок)	11.04.2017 р.	
6.	Розрахунок елементів апарата на міцність, жорсткість та стійкість)	24.04.2017 р.	
7.	Технологія виготовлення апарата	27.04.2017 р.	
8.	Ремонт та монтаж апарата	03.05.2017 р.	
9.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	04.05.2017 р.	
10.	Промислова екологія	10.05.2017 р.	
11.	Техніко-економічні розрахунки	18.05.2017 р.	
12.	Креслення:		Креслення виконують я поетапно під час проробки розділів поз.5÷12
	Технологічна схема.	16.05.2017 р.	
	Загальний вигляд апарата.	22.05.2017 р.	
	Складальні одиниці. Деталі.	29.05.2017 р.	

Студент \_\_\_\_\_ Імерелі С.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Тараненко Г.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

	Позначення	Найменування			Примі
--	------------	--------------	--	--	-------

№	Форм			Кіл. ЛІСТІВ	№ экз.	тки		
1								
2			<u>Документація загальна</u>					
3								
4	A1	502.021.00.000 B3	Вальці	1		A1		
5	A1	2017.021.00.000 T3	Схема технологічна	1		A1		
6								
7	A4	2017.021.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	152		A4		
8								
9								
10								
11			<u>Документація</u>					
12			<u>за складальними одиницями</u>					
13								
14	A1	502.021.01.000 B3	Валок передній	1		A1		
15	A1	502.021.01.001	Валок	1		A1		
16	A1	502.021.02.000 B3	Механізм регулювання зазору	1		A1		
17	A1	502.021.03.000 B3	Пристрій для очистки валків	1		A1		
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
Взам. Инв. №								
					2017.021.00.000ПЗ			
	3	Ар	№ докум.	Підпис	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Імерелі			Виробництво полівінілхлоридних плівок потужністю 26 млн. м <sup>2</sup> /рік з розробкою вальців.	Лист	Лис	
	Пров.	Тараненко				Д	1	1
	Н.контр.	Карпюк				СНУ Кафедра МОПП		
	Затв.	Архипов						
Подп. и дата								
Инв. № дубл.								

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра машинознавства та обладнання промислових підприємств

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до дипломного проекту

освітньо-кваліфікаційного рівня *спеціаліст*

спеціальності *133 Галузеве машинобудування*  
спеціалізації *Обладнання хімічних виробництв та підприємств*  
*будівельних матеріалів*

на тему «**Виробництво полівінілхлоридних плівок потужністю 26 млн.  
м<sup>2</sup>/рік з розробкою вальців**»

Виконав: студент групи ОХП-163с

Імерелі С.А.

(прізвище, та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Тараненко Г.В.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завідувач кафедри Архипов О.Г.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Табунціков В.Г.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

## Зміст

<b>Вступ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Аналітичний огляд .....</b>	<b>7</b>
1.1 Сфери використання полівінілхлоридних плівок.....	7
1.2 Аналіз конструктивних та експлуатаційних параметрів вальців.....	9
<b>2. Технологічна частина .....</b>	<b>13</b>
2.1 Обґрунтування обраного методу виробництва .....	13
2.2 Опис технологічної схеми виробництва .....	16
<b>3. Конструкція та принцип дії обладнання .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Вибір конструкційних матеріалів .....</b>	<b>25</b>
<b>5. Параметричні розрахунки обладнання .....</b>	<b>29</b>
5.1. Матеріальний розрахунок виробництва і вибір основного технологічного обладнання.....	29
<b>6. Розрахунок елементів апарата на міцність, жорсткість та стійкість .....</b>	<b>41</b>
6.1 Вибір розрахункових схем та навантажень.....	41
6.2. Кінематичний розрахунок приводів.....	45
6.3. Міцнісні розрахунки вальців.....	54
6.4 Змашування механізмів вальців.....	92
6.5 Виводи по конструкції та розрахункам вальців.....	93
<b>7. Технологія виготовлення обладнання.....</b>	<b>95</b>
7.1 Технологічний процес зборки вальців.....	103
<b>8. Ремонт та монтаж обладнання.....</b>	<b>115</b>
<b>9. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....</b>	<b>122</b>
9.1 Охорона праці .....	122
9.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях .....	131

					2017.021.00.000 ПЗ					
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Виробництво полівінілхлоридних плівок потужністю 26 млн. м <sup>2</sup> /рік з розробкою вальців.			Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Імерелі							2	152	
Перев.	Тараненко							СНУ Кафедра МОПП		
Н. контр.	Карпюк									
Затв.	Архипов									

<b>10. Промислова екологія .....</b>	<b>135</b>
10.1 Відходи, що утворюються, на виробництві полівінілхлоридних плівок..	135
10.2 Вплив на здоров'я людини.....	136
10.3 Система охолодження обладнання. Викиди в атмосферу.....	137
<b>11. Техніко – економічні розрахунки .....</b>	<b>139</b>
11.1 Проектовані організаційно–технічні заходи .....	139
11.2 Загальна характеристика проєктованих заходів .....	139
11.3 Розрахунок річної виробничої потужності .....	140
<b>11.4 Аналіз зміни собівартості продукції. ....</b>	<b>143</b>
11.5 Розрахунок техніко-економічних показників .....	145
<b>Висновки .....</b>	<b>150</b>
<b>Використана література .....</b>	<b>151</b>

## ВСТУП

Полівінілхлорид (ПВХ) відноситься до термопластичних синтетичних матеріалів. Залежно від умов полімеризації утворюються продукти різного ступеня полімеризації з різними фізико-хімічними властивостями.

Основною сировиною для виробництва ПВХ служать хлор, одержуваний шляхом електролізу розчину кухонної солі, і етилен. Процес виробництва ПВХ можна коротко описати таким чином: в процесі електролізу кухонна сіль, розчинена у воді, під впливом електричного заряду розкладається на хлор, каустичну соду і водень. Окремо, з нафти або газу за допомогою процесу, званого крекінгом, виробляють етилен. Наступним етапом є з'єднання етилену і хлору. В результаті отримують дихлорид етилену, з якого потім виробляють мономер вінілхлориду, який є базовим елементом у виробництві полівінілхлориду (ПВХ). В процесі полімеризації молекули мономера вінілхлориду об'єднуються в довгі ланцюжки ПВХ. Добутий ПВХ-гранулят теж є, по суті, сировиною – до нього додають різні речовини для надання матеріалу найрізноманітніших властивостей. Саме це дозволяє знаходити застосування для ПВХ майже в кожній сфері нашого повсякденного життя.

ПВХ використовується в медицині вже більше 50 років. При цьому його споживання в цій сфері постійно зростає. Поштовхом до широкого застосування ПВХ в цій області стала нагальна потреба замінити гуму і скло попередньо стерилізованими предметами одноразового (і не тільки) використання. Згодом ПВХ став найбільш популярним полімером в медицині завдяки хімічній стабільності і інертності. Продукція з нього вкрай різноманітна і легко виробленої. Медичні продукти з ПВХ можуть бути використані всередині людського тіла, легко стерилізуються, не тріскаються і не протікають. ПВХ – один з найдешевших матеріалів. Це також відіграє важливу роль при виборі матеріалу для застосування у виробництві медичної продукції.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ось далеко не повний перелік виробів медичного призначення, виробленої з ПВХ: контейнери для крові та внутрішніх органів, катетери, трубки для годування, прилади для вимірювання тиску, хірургічні рукавички і маски, хірургічно шини, блістер-упаковка для таблеток і пігулок. ПВХ широко використовується в якості матеріалу для виробництва автотранспорту. У цій області він є другим за популярністю полімером (після поліпропілену).

В автомобілебудуванні ПВХ використовується для виробництва покриттів, ущільнюючих матеріалів, кабельної ізоляції, обробки салону, приладових і дверних панелей, підлокітників і т.д.

З усіх полімерів саме ПВХ має найбільш широке застосування в будівництві. У Європі в цій галузі використовується більше 50% всього виробленого ПВХ, в США – більше 60%. І знову таки основними перевагами ПВХ є все ті ж можливості виробництва різноманітних видів продукції з різними властивостями.

Головні якості ПВХ в будівництві: зносостійкість, механічна міцність, жорсткість, невелика маса, стійкість до корозії, хімічним, погодного і температурного впливу. ПВХ – відмінний вогнетривкий матеріал. Він насилу піддається загорянню. І припиняє горіти і тліти відразу ж після того, як зникає джерело високої температури. Основна причина – високий вміст хлору. Це сприяє підвищенню пожежної безпеки побудованих об'єктів.

ПВХ не проводить електрику і, таким чином, ідеальний в якості ізоляційного матеріалу. Основною рисою будівельних матеріалів з ПВХ є їх довговічність: 85% всіх будівельних матеріалів з ПВХ використовуються для довгострокових споруд. Більше 75% труб, вироблених з ПВХ, мають термін служби більше 40 років (потенціал нових розробок у цій галузі збільшує цей термін до 100 років!). Аналогічні показники у більш ніж 60% зроблених з ПВХ віконних профілів і кабельної ізоляції.

З ПВХ виробляються багато споживчі товари. Наприклад, меблі (для неї використовується жорсткий ПВХ), покриття для підлоги (гнучкий ПВХ),

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5



взуття, кредитні та телефонні картки, спортивне обладнання та оснащення (м'ячі, екіпірування), одяг, сумки, рюкзаки і т.д.

Наведені вище численні і різноманітні властивості ПВХ роблять його дуже привабливим матеріалом для виробництва упаковки. У Європі щороку не менше 250 тис. тонн ПВХ використовується для виробництва пакувальних матеріалів. Основні сфери застосування: жорстка плівка (51%), пляшки (35%), гнучка плівка (11%) і темно-зелені кришки (3%). Як приклади використання ПВХ в упаковці можна привести туалетні приналежності, тюбики для зубної пасти, мобільні телефони та аксесуари для них.

Враховуючи значну роль ПВХ в різних галузях економіки, темою дипломного проекту є виробництво полівінілхлоридних плівок потужністю 26 млн. м<sup>2</sup>/рік з розробкою вальців.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Сфери використання полівінілхлоридних плівок

### ПВХ в медицині

ПВХ став найбільш популярним полімером в медицині завдяки хімічній стабільності і інертності. Продукція з нього вкрай різноманітна і легко виготовляється. Медичні продукти з ПВХ можуть бути використані всередині людського тіла, легко стерилізуються, не тріскаються і не протікають.

Перелік виробів медичного призначення, вироблених з ПВХ: контейнери для крові та внутрішніх органів, катетери, трубки для годування, прилади для вимірювання тиску, хірургічні рукавички і маски, хірургічно шини, блістер-упаковка для таблеток і пігулок.

З ПВХ легко виробляти упаковку будь-якої форми, будь то труби, гнучка або жорстка упаковка.

ПВХ - один з найдешевших матеріалів. Це також відіграє важливу роль при виборі матеріалу для застосування у виробництві медичної продукції.

### ПВХ в транспорті

ПВХ широко використовується в якості матеріалу для виробництва автотранспорту. У цій області він є другим за популярністю полімером (після поліпропілену).

В автомобілебудуванні ПВХ використовується для виробництва покриттів, ущільнюючих матеріалів, кабельної ізоляції, обробки салону, приладових і дверних панелей, підлокітників і т.д.

Завдяки використанню ПВХ сучасні автомобілі більш живучі.

Використання в автомобілебудуванні полімерів взагалі і ПВХ зокрема веде до зниження витрат палива. Використання ПВХ також підвищує безпеку машин. ПВХ застосовується у виробництві подушок безпеки, захисних

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

панелей і ін., Що оберігають пасажирів від травм при аваріях. Крім того, стійкість ПВХ до дії вогню також підвищує безпеку автомобіля.

Використання ПВХ призводить до значної економії коштів - ПВХ дешевше традиційних матеріалів, що не поступаючись їм в якості.

### **ПВХ в будівництві**

З усіх полімерів саме ПВХ має найбільш широке застосування в будівництві.

Головні якості ПВХ в будівництві: зносостійкість, механічна міцність, жорсткість, невелика маса, стійкість до корозії, хімічним, погодного і температурного впливу. ПВХ - відмінний вогнетривкий матеріал. Він насилу піддається загорянню. І припиняє горіти і тліти відразу ж після того, як зникає джерело високої температури. Основна причина - високий вміст хлору. Це сприяє підвищенню пожежної безпеки побудованих об'єктів. ПВХ не проводить електрику і, таким чином, ідеальний в якості ізоляційного матеріалу. Основною рисою будівельних матеріалів з ПВХ є їх довговічність. 85% всіх будівельних матеріалів з ПВХ використовуються для довгострокових споруд

Будівельні матеріали з ПВХ легше, ніж будматеріали з бетону, заліза і сталі. Це знову приводить нас до думки про економічну вигоду - на обробку продукції з ПВХ витрачається менше енергії, менше транспортних послуг (а, отже, і палива). Довговічність матеріалу також дозволяє економити - труби, вікна і т.д. доводиться міняти рідше. Теплоізоляційні властивості ПВХ дозволяють витрачати менше енергії на опалення приміщень.

### **ПВХ в іграшках**

Широко використовується ПВХ і у виробництві дитячих іграшок. Перелік (далеко неповний) іграшок, вироблених з ПВХ: ляльки, каченята для ванної, надувні пляжні іграшки. В цілому можна сказати, що у виробництві майже всіх «м'яких» іграшок використовується ПВХ.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## **ПВХ в споживчих товарах**

З ПВХ виробляються багато споживчих товарів. Наприклад, меблі (для них використовується жорсткий ПВХ), покриття для підлоги (гнучкий ПВХ), взуття, кредитні та телефонні картки, спортивне обладнання та оснащення (м'ячі, екіпірування), одяг, сумки, рюкзаки і т.д.

## **ПВХ в упаковці**

Наведені вище численні і різноманітні властивості ПВХ роблять його дуже привабливим матеріалом для виробництва упаковки. Основні сфери застосування: жорстка плівка (51%), пляшки (35%), гнучка плівка (11%) і темно-зелені кришки (3%). Як приклади використання ПВХ в упаковці можна привести туалетні приналежності, тюбики для зубної пасти, мобільні телефони та аксесуари для них.

### **1.2 Аналіз конструктивних та експлуатаційних параметрів вальців**

Вальці в процесі виробництва полівінілхлоридних плівок служать для змішування, пластифікації, розігрівання та попереднього формування (листування) вихідної сировини.

Вальці представляють собою машину, основними робочими органами якої є два горизонтальних полих валка, які розташовані паралельно та обертаються один одному назустріч з різними умовними швидкостями.

Вальцований матеріал (маса) подається на валки і вони силами тертя, які виникають від контакту з поверхнями обертових валків, направлений в зазор між ними. Матеріал в просторі, який поступово зужується між валками відчуває деформацію, яка збільшується, він іспитує розтягуючи, зжимаючи та зрізаючи напруження, які збільшуються за рахунок фрикції. Фрикція валків визивається різною швидкістю ковзання переднього та заднього валків відносно оброблюваного матеріалу.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В міжвалковому просторі в результаті дії сил внутрішнього і зовнішнього тертя підвищується температура оброблюваної маси.

Ступінь обробки матеріалу на вальцях збільшується за рахунок обертання валків з різною окружною швидкістю. При наявності різниці в окружних лінійних швидкостях валків швидкість шарів матеріалу в зазорі між валками неоднакова в результаті чого відбувається не тільки деформація матеріалу але і його перетирання.

Відношення лінійних швидкостей валків називається фрикцією в нашому випадку:

$$\Phi = \frac{V_1}{V_2} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (1.1)$$

$$\Phi = \frac{28}{22} = 1,27$$

де  $V_2$  і  $V_1$  – окружність швидкості заднього і переднього валків;

$Z_1 = 28$ ,  $Z_2 = 22$  – числа зубців шестерен переднього та заднього валків відповідно.

В прийнятих позначеннях: передній валок – це валок, найбільш близький до робочого місця вальцовщика, задній валок, найбільш відділений від робочого місця вальцовщика, який одержує обертання від приводу вальців, має жорстко закріплені на статині опори.

Інтенсивність обробки матеріалу залежить не тільки від величини фрикції  $\Phi$ , але і від зазору між валками. Інтенсивність обробки матеріалу оцінюється градієнтом швидкості (швидкістю здвигу 1/с) матеріалу в зазорі, величина якого визначається за формулою:

$$\text{grad } V = \frac{V_2 - V_1}{h_0} \quad (3.2)$$

де  $h_0$  – зазор між валками;

$V_2$  і  $V_1$  – швидкість заднього і переднього валків.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина градієнту швидкості регулюється зміною зазору між валками.

Виходячий з зазору між валками матеріал прагне відклонитися в сторону переднього валка, який обертається з меншою швидкістю, так як шари матеріалу у поверхні заднього валка обертаються з більшою швидкістю.

Пластичний оброблюваний матеріал прилипає до поверхні переднього валка, яка обволакується шаром налипаючого матеріалу. Для видалення цього шару в проекті передбачено пристрій для очищення переднього валка, який являє собою ряд скребків, встановлених під кутом та утворюючою валка з мінімально можливим зазором між валками та скребками. Окрім функції очищення валка цей пристрій сприяє перемішуванню пластичної маси, яка надходить в зазор між валками. Матеріал, який зрізається пристроєм для очищення валка направляють знову в зазор між валками або відправляється на подальше допрацювання.

За технологічним призначенням вальці відносяться до категорії змішувальних вальців. Для даних вальців суттєвого значення має величина фрикції. Зменшення фрикції ускладнює змішування, а її збільшення викликає небажане збільшення тепловиділення та перегрівання оброблюваної суміші. В проекті використовується величина фрикції  $\Phi = 1,27$  визначена з досвіду експлуатації вальців на полівінілхлоридних матеріалів.

За класифікацією, з точки зору конструктивних ознак, проєктовані вальці відносяться до виробничих вальців середнього типу з діаметром валків 550 мм, робочою довжиною бочки 1500 мм.

За типом приводу вальці бувають з індивідуальним приводом здвоєні, працюючі від одного приводу, групові, які отримують обертання від трансмісійного вала.

Вальці з трансмісійним приводом відрізняються від вальців з індивідуальним приводом наявністю трансмісійного вала на який насаджується приводна шестерня. Якщо необхідно зупинити вальці для ремонту або при аварії їх можна відкинути від загального приводу. Для того

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приводна шестерня може бути здвигнута вздовж вісі трансмісійного вала на відстані, достатній для виводу її з зачеплення з приводним зубчастим колесом.

У виробництві полівінілхлоридних плівок використовується як груповий так і індивідуальний приводи, з точки зору витрати електроенергії групові приводи більш економічні, чим індивідуальні. Витрата електроенергії в процесі обробки матеріалу на вальцях нерівномірна: максимальне навантаження на електродвигун поступово падає до певного значення.

При індивідуальному приводі вальців потужність електродвигуна повинна обиратися по максимальному навантаженню, на 25-30 % більше середньої потужності, яка необхідна для роботи вальців.

Встановлена потужність електродвигуна при встановленій роботі не буде використовуватися. Роботу на вальцях з груповим приводом можна організувати так, що початок обробки матеріалу на одних вальцях за часом буде зміщено відносно часу роботи інших вальців, внаслідок цього, навантаження на електродвигун вирівнюється.

В даному проекті прийнятий індивідуальний привід вальців. Від електродвигуна через редуктор приводиться задній валок, через фрикційні шестерні з фракцією 1,27 – приводиться передній валок. Така конструкція приводу оправдана тими обставинами, що вальці в технологічному ланцюзі процесу відділені одне від одного і використання в такій ситуації трансмісійного привода недоцільно.

Опори валків прийняті з конічними роликотідшипниками, які на відміну від підшипників ковзання з вкладишами фосфористої бронзи забезпечують високу надійність вальців при забезпеченні точної зборки та хорошого змащування.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Обґрунтування обраного методу виробництва

При переробці пластичних мас на валках зазвичай здійснюються процеси змішання, пластикації, перетирання і роздрібнення.

Процес змішування полягає в розподілі всіх вихідних компонентів по всьому об'єму системи так, щоб процентне співвідношення компонентів в межах будь-якого обсягу системи відхилялося від загального співвідношення компонентів системи в цілому лише на допустиму величину. Змішання може здійснюватися безперервно і періодично.

Для процесу змішування застосовуються різні види обладнання: двохлопатові, планетарні, роторні, відцентрові, черв'ячні змішувачі, і двохвалкові змішувальні вальці.

Недоліки дволопатових змішувачів: велика витрата енергії, складність завантаження і тривале очищення корпусу після кожного циклу.

Недоліки планетарного змішувача: підвищена витрата енергії, тривале очищення корпусу після кожного циклу, можливість подрібнення частинок змішаного матеріалу і великий знос лопатей.

Недоліки роторних змішувачів: підвищена енергоємність, трудомісткість виготовлення, низька інтенсивність процесу змішування, низька продуктивність, підвищена швидкість зносу робочих органів, значні пускові моменти, високе навантаження на підшипникові вузли, виникнення підвищеної вібрації, що різко посилюється в міру зносу деталей.

Технічний недолік відцентрового змішувача: ускладнення конструкції і наявність застійних зон в центрі ротора і між конусами, що позначається на якості перемішування матеріалів та робочій процедурі.

Недоліком черв'ячного змішувача, в якому відбувається інтенсивна деформація зсуву, є велика величина крутного моменту, обумовлена значною площею поверхні матеріалу, що одночасно піддається зрушенню. Крім того,

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



внаслідок спрямованості ліній потоку деформація зсуву в радіальному напрямку майже повністю відсутня. Тому рух матеріалу через машину до деякої міри подібно течії у великій трубі.

Названих недоліків позбавлені двохвалкові змішувальні вальці.

Раніше вальці працювали тільки за періодичним циклом, при якому поєднувалася певна порція матеріалу; вальці останніх конструкцій можуть застосовуватися в якості безперервних змішувачів, в яких подається з одного боку валків суміш та відбирається з іншого боку у вигляді порівняно вузької стрічки.

Матеріал подається на валки у вигляді окремих шматків, порошкоподібних або пухких волокнистих мас. В результаті обертання валків назустріч один одному внаслідок тертя і адгезії завантажувальний матеріал затягується в зазор між валками і після виходу з нього прилипає до одного з валків залежно від різниці температур поверхонь валків і їх окружної швидкості.

Валки приводяться в обертання електродвигуном через редуктор і пару зубчастих коліс. Зубчаста пара коліс дозволяє регулювати (при заміні коліс) окружну швидкість валків. Колеса ці називаються фрикційними.

Кожен валок має систему регулювання температури, що забезпечує охолодження або підігрів його поверхні.

На процес вальцювання впливає також величина зазору між валками. Зазор регулюється за допомогою механізму, що має свій приводний електродвигун, черв'ячний редуктор і ходовий гвинт, пов'язаний з підшипником, в якому розташовані шийки валка.

Процеси гомогенізації, змішання і пластикації вимагають багаторазового пропускання маси через зазор між валками і можуть, як вказувалося, здійснюватися періодично і безперервно.

На валках періодичної дії маса після завантаження однієї або послідовно декількох порцій проходить через зазор між валками, прилипаючи до одного з них, повторно проходить через зазор і в цей період

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додатково змішується внаслідок нерівності окружних швидкостей валків і додаткового підрізування маси на окремих ділянках по довжині валка.

Після багаторазового пропускання через зазор (кількість пропускання визначається експериментально для кожного виду суміші) маса зрізується окремими смугами по довжині валка і змотується в рулон або знімається у вигляді смуги певної ширини.

На валках безперервної дії маса подається з одного кінця і в середині валків безперервно проходить між валками протягом заданого технологічним процесом часу (встановлюється для кожного виду матеріалу експериментально), здійснює при цьому обертальний і поступальний рух вздовж валка (до одного кінця або до обох кінців валків, в залежності від місця завантаження) і безперервно зрізується у вигляді вузької стрічки.

При вальцюванні зрізка матеріалу з валка і подача його в зазор має істотне значення для процесу, так як при цьому порушується замкнутість ліній струму і забезпечується переміщення матеріалу в напрямку горизонтальної осі валка. При частому повторенні операції зрізу матеріалу маса краще переміщується.

У валках, що працюють безперервно, встановлюються додаткові пристосування для підрізання матеріалу. В якості таких пристосувань застосовуються підрізні ножі спеціальної конструкції, що переміщаються уздовж твірної валка, або автоматичні пристосування для перемішування маси.

Зі сказаного випливає, що процеси пластикації і гомогенізації матеріалу здійснюються на валкових машинах шляхом багаторазового пропускання суміші через зазор між валками при певних температурних умовах і швидкісних режимах.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2. Опис технологічної схеми виробництва

Перед початком всього технологічного процесу, насамперед, проводиться просіювання і очищення сировини. Основною сировиною є смола і пластифікатор. Просіювання полівінілхлоридної смоли здійснюється через сито з метою видалення великих сторонніх включень.

Пластифікатор закачується з ємностей насосом по трубопроводу прямо на робочі місця. На кінцях трубопроводів встановлені сітки для того, щоб виключити потрапляння сторонніх включень.

Далі йде розвіска стабілізаторів, пігментів, наповнювачів і приготування паст. У стандартний бачок, встановлений на вагах РП- 500, завантажуються сухі компоненти і заливається пластифікатор згідно рецепту. Малі дози компонентів зважуються на вагах РН-10ц13М, РП-100Ш13. Наповнювачі, стабілізатори, колер з пластифікатором перемішуються на планетарній мішалці ТН-ПМ .

Час перемішування 10 – 15 хв. Для отримання однорідних паст і підвищення дисперсності матеріалів, наповнювачі, стабілізатори, колер перетираються на трьохвалковій фарботерці. Розмір часток не більше 40 мікрон. Після перетирання пасти стабілізатори колера перемішуються на планетарній мішалці. Час перемішування 10 хв.

При виробництві наповнювальних матеріалів суспензія (наповнювач - стабілізатор - пластифікатор) готується в крейдянному відділенні. Крейда і стабілізатори засипаються в мішалку за рецептом, пластифікатори заливаються пластифікатороемним матеріалом. Суспензія перемішується до однорідної маси, перекачується у проміжну ємність, з якої по системі трубопроводів подається на тривалкові фарботерки для перетирання. Розмір часток не більше 60 мікрон.

Пасти наповнювачів, стабілізаторів, колера і пластифікаторів у вільному вигляді завантажуються в стаціонарний бачок на вагах РП - 500 відповідно до робочого рецепту. Навішування насосом РЗ-30 подається по трубопроводу

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

в двохстадійний змішувач. Необхідність подачі навішування визначається за світловим сигналом під пультом двохстадійного змішувача. При переході з кольору на колір з метою промивки трубопроводів із загального пастоподібного навішування виключається колер, який окремо зважується згідно рецепту, пакується і подається по жолобу в двохстадійний змішувач.

Залежно від стійкості колірного переходу пропускається 15 наважок. Далі, відповідно до технологічного регламенту, йде приготування ПВХ суміші. ПВХ - смола з мішків через кришку панелі завантажується в гарячу камеру змішувача. Кількість ПВХ - смоли визначається робочим рецептом. Після завантаження ПВХ - смоли насосом закачується «пастоподібна наважка». При необхідності в гарячу камеру змішувача завантажується стеарин, дрібнодисперсні частинки, пастоподібні стабілізатори, відбілюючі і модифікуючі добавки, які попередньо зважуються і подаються в змішувач.

Змішувальна машина швидкої дії працює в двох режимах експлуатації - ручному й автоматичному. Після завантаження всіх компонентів змішувач включається в роботу. Спочатку обробка суміші проводиться на першій швидкості протягом 30 - 180 сек. , потім на другій швидкості -  $4 \pm 1$  хв . У гарячій камері змішувача ПВХ - смола набухає в пластифікаторі, забарвлюється, після чого вивантажується через спуск (затвор) розвантажувального отвору в камеру холодного змішувача, де охолоджується при перемішуванні. Готовність ПВХ - суміші визначається по падінню навантаження в амперметрі і температурі суміші. Загальний час приготування суміші, включаючи час завантаження і вивантаження,  $13 \pm 3$  хв

Охолоджуюча система змішувача має 2 цикли охолодження циркуляційної водою:

- через подвійний корпус;
- через охолоджуюче кільце.

Температура вивантажується суміші з гарячої камери змішувача  $70 \pm 10$  °С. Температура суміші в холодній камері змішувача  $60 \pm 10$  °С. Готова ПВХ порошкоподібна суміш з холодної камери змішувача через

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2017.021.00.000 ПЗ

розвантажувальний отвір подається в пневмокамерний насос, який перекачує суміш по трубопроводу в приймальний завантажувальний бункер вальців.

Температура теплоносія до 150 ° С. ПВХ порошкоподібна суміш з приймального завантажувального бункера (поз. 1) через дозуючий пристрій подається на нагрівальні вальці (поз. 2) для гомогенізації суміші та отримання однорідного пластика. Виготовлений брак, відходи, завантажуються на вальці вручну, відпрацьовуються до отримання однорідного пластика. У процесі відпрацювання кожна порція ПВХ суміші періодично підрізається до повної її пластифікації.

Температура валків нагрівальних вальців 140 - 160 ° С. Зазор по суміші 4 ± 8 мм. Готовий пластикат зрізається з вальців у вигляді рулону і подається на стрічковий транспортер (поз. 3), що подає пластикат в зазор поживних вальців.

Далі з нагрівальних вальців, ПВХ пластикат стрічковим транспортером, а також відрізана кромка з каландра подається в зазор живильних вальців, де додатково відпрацьовується і рівномірно розігрівається .

Температура валків живильних вальців 145 - 165 ° С. Зазор по маси 5 - 8 мм. Злистований ПВХ пластикат підрізається , і по похилому транспортеру (поз. 5) вузькою стрічкою подається на живлення каландру (поз. 6).

Стрічка різної товщини, залежно від швидкості каландра і товщини плівки, системою нерухомого і хиткого транспортерів подається в зазор між першим і другим валами. Наявність ПВХ пластикату в живильному зазорі має бути мінімальною і дорівнюючою по довжині зазору.

Для запобігання потрапляння сторонніх металевих включень в каландрований матеріал на нерухомому транспортері представлений сигналізатор наявності сторонніх включень, що виробляє звукову та світлову сигналізацію і зупинку нерухомого транспортера . Експлуатація каландра без сигналізатора категорично забороняється.

ПВХ пластикат, проходячи через зазор між трьома валами, калібрується по ширині і товщині. Для регулювання рівномірної товщини по ширині

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

полотна передбачене «знесення валу» (механізм переміщення осі 1 - го валу) і механізм «Ролі Бенді » на 4-му валу.

Для забезпечення рівномірного температурного відпрацювання плитки в другому і третьому зазорі має бути постійний запас ПВХ пластикату, що забезпечує «крутний валик» діаметром 7 - 15 мм. Плівка з 4-го валу знімається за допомогою системи відліплюючих валиків, швидкість відліплювача незначно повинна випереджати лінійну швидкість 4 - го валу, співвідношення швидкостей 4-го валу і відліплюючого повинна бути в межах:

- на м'яких плівках не більше 1:1,4;
- на жорстких, напівжорстких не більше 1:1,3.

Тиснення плівки здійснюється тисненням валом (поз. 7), який гідравлічно притискатися до гумового валу (поз. 8), тиск до 20 кг/см<sup>3</sup> при випуску плівкового матеріалу МКС до 40 кг/см<sup>3</sup>.

Тиснений вал охолоджується проточною водою оборотного водопостачання. Для переохолодження поверхні гумового вала передбачено його охолодження у ванні з водою. З метою виключення потрапляння води на плівковий матеріал передбачений відтиснутий вал.

Тиснена ПВХ плівка по рольгану (поз. 9) подається на систему з 8 –ми охолоджувальних барабанів (поз. 10), розділених на 3 секції. Швидкість тиснення 1 -го охолоджувального барабана слідує за варіаціями швидкості відліплювача з діапазоном зміни швидкостей:

- тиснення ( - 5 до + 20 %);
- 1 охолоджувальний барабан ( - 10 до + 10 %).

Регулювання швидкостей здійснюється потенціометром, змонтованим в пульті каландра.

Швидкості 2 -го і 3-го охолоджувальних барабанів, стрічкового механізму слідує за зміною швидкості 1-го охолоджувального барабана з можливістю розбіжності швидкостей  $6 \pm 15$  %. Це регулювання досягається потенціометрами , що приводяться в дію вільними валками (вертелками). Для

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення необхідних параметрів вільні вали регулюються свинцевими вантажами машиністом каландра.

Залежно від товщини і жорсткості стрічкового матеріалу охолодження плівки має йти поступово і рівномірно від барабана до барабану. Кожен охолоджувальний барабан складається з подвійної оболонки і забезпечений патрубком для введення і виведення охолоджуючої води. Охолоджена плівка надходить на «плюсовку», швидкість якої повинна забезпечувати синхронний відбір після охолоджувальних барабанів. На «плюсовці» здійснюється відрізка кромки плівок (поз. 11).

Обрізки кромки повинні постійно повертатися на живильні вальці, за винятком плівок ПІ з кольоровим друком. Обрізки кромки накоплюються в теплі тони плівок. Сортування, маркування та упаковка готових плівок проводиться згідно вимог ГОСТів і технічних умов.

Упаковка намотування (поз. 12) готового плівкового матеріалу ПВХ виробництва згідно вимог ГОСТів і технічних умов з урахуванням наступної усадки:

- ПГВ - для верху галантерейних виробів плюс 0,4 м на 40 м;
- ПГП - для прокладки галантерейних виробів плюс 0,5 на 50 м;
- ПІ - для надувних водоплавних виробів плюс 1 м на 50 м;
- ПДХ - для декоративно-господарських виробів плюс 0,9 на 70 м;
- ПЗ - для окантовки домашнього взуття плюс 1 м на 50 м;
- ПП - для плащів плюс 1,2 м на 100 м;
- Жорсткі ударостійкі плюс 0,3 м на 40 м;
- Жорсткі прозорі плюс 0,6 м на 40 м;
- напівжорсткі прозорі плюс 1,3 м на 100 м

Допускаються відхилення параметрів в рулоні до 1% від загального метражу за рахунок похибки показників лічильників.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ОБЛАДНАННЯ

#### Опис конструкції та принципу дії вальців

Вальці складаються з наступних основних вузлів: - основа вальців включає в себе фундаментну плиту, станину та привід заднього валка. В процесі роботи вальці зазнають великі динамічні навантаження, тому щоб запобігти руйнуванню фундаменту під станину укладена монолітна чавунна плита. Для зручності обслуговування вальців фундаментна плита встановлена нижче рівня пола. Фундаментна плита має опори для підшипників валків та механізм регулювання зазору, а також оброблені площини для монтажу редуктора, електродвигуни та додаткової опори тихохідного вала редуктора привода заднього валка. Нижня поверхня плити має ребра жорсткості, які підвищують її міцність.

Станина вальців є несучим составом всієї машини. Відлита з чавуна, в верхній частині має світлу траверсу, яка закріплена болтами. Внутрішні поверхні станіни і траверси ретельно оброблені. Фундаментна плита закріплена на фундаменті за допомогою фундаментних болтів. Перед остаточною затяжкою гайок фундаментних болтів плита ретельно встановлюється в горизонтальній площині, для чого передбачені регулювальні гвинти, які спираються на сталіні закладені пластини.

На плиті змонтовано привід заднього валка, який складається з асинхронного електродвигуна, конічно-циліндричного двохступінчастого редуктора зі спеціальним тихохідним валом. Цей вал має додаткову опору на стійці станіни, на валу за допомогою шпонки закріплена повітряна шестерня.

Між електродвигуном та редуктором встановлено колодкове гальмо ТКТГ – 300 з гідроколкачем, призначене для аварійного гальмування вальців. Електродвигун та редуктор з'єднані пружною втулково-пальцевою муфтою.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Валок передній та задній

Валки є найбільш відповідальними деталями машини, так як безпосередньо виконують основні технологічні операції. Валки повинні мати високу механічну міцність, щоб сприймати максимальні распорні зусилля, які виникають при роботі вальців. Робоча поверхня валків повинна бути стійкою до стирання, внутрішня поверхня повинна бути достатньої величини, щоб забезпечити ефективне нагрівання валків. Валки відлиті з чавуна в металічні ізложниці. Робоча частина валка (бочка) після відливки піддається та закалюється з поверхні на глибину до 30 мм. Цим забезпечується висока поверхнева твердість бочки при достатньо в'язкій та міцній серцевині. Тривалість роботи та ступінь зносу валків визначається зміною їх діаметра. При нерівномірному зносі поверхні валків їх періодично перешліфують. При зменшенні діаметра на 10 – 15 мм валки замінюються новими.

Валки опираються на спарені двохрядні конічні роликотідшипники. Валкові підшипники встановлені в литих корпусах. Підшипники захищені лабіринтними ущільнювачами. Окрім того, для уникнення попадання в підшипники матеріалу, який перероблюється, у торцевих частин кожного валка змонтовані розсувні обмежуючі стрілки, які щільно прилягають (зазор 0,05 ...0,3 мм) до поверхні валків. Одна половина стрілки рухома, так як закріплена на опори рухомого переднього валка, інша половина стрілки нерухома, так як закріплена на опорі нерухомого заднього валка. При збільшенні зазору між валками підшипники переднього валка переміщуються та стрілки розсуваються. Утворена щілина між стрілками перекривається стальними планками, які закріплені на одній зі стрілок

## Механізм регулювання зазору

Величина зазору між валками в залежності від умов обробки матеріалу коливається в межах 0,1 – 10 мм. Для зміни зазору служать регулювальні

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гвинти, які проходять через передню стійку станини вальців. Цими гвинтами пересуваються по направляючим станини опори переднього валка.

На вальцях встановлено два механізми регулювання зазору, по одному на кожному опорі переднього валка. Привід механізму регулювання зазору здійснюється від електродвигуна через дві первинні опори з загальним передавальним числом  $U = 1120$ . Черв'ячні колеса насаджені на шліцові кінці натискних гвинтів. Гвинти, обертаючись в нерухомих гайках переміщують опори переднього валка разом з валком по направляючим стійкам станини. Механічне регулювання зазору між валками здійснюється на холостому ходу та під навантаженням, а ручне підрегулювання зазору виконується тільки на холостому ходу та під навантаженням на зупинених вальцях за допомогою маховичка. При цьому пружина влаштована так, що кулачки з'єднувальної муфти розведені, при цьому обертання від маховичка передається через черв'ячну пару на гвинт.

Між натискними гвинтами та корпусами підшипників передніх валків встановлені запобіжні шайби, які зрізаються при перевищенні допустимого розпірного зусилля між валками.

При цьому передній валок відходить від заднього на відстані до 25 мм та вальці за допомогою кінцевих вимикачів автоматично зупиняються. Для поновлення роботи зрізані шайби замінюються новими.

Окрім основних збіркових одиниць вальці комплектуються допоміжними вузлами: ванною під валками, пристосування для очищення валка, стрілками, кінцевими та аварійними вимикачами, дисковими ножами, а також шафою автоматики і спеціальними головками для підведення та відведення теплоносія до обертальних валків. Принцип дії вальців полягає у виконанні наступних операцій. Після перевірки наявності змащення, наявності напруги в електромережі, нормальної роботи систем аварійної зупинки і системи обігрівання валків вальці включаються в роботу в режимі холостого ходу. Перед завантаженням матеріалу вальці розігріваються на

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

холостому ходу. Розігрівання до робочої температури здійснюється повільно та рівномірно при швидкості розігрівання, приблизно 1 °С на хвилину.

Першочергове розігрівання, а також розігрівання після довготривалого простоювання вальців повинно здійснюватися на протязі 8 годин.

В зазор між валками завантажується оброблювана маса та вальцується у відповідності з вимогами технологічного регламенту. Робоча температура валків може підтримуватися вручну та автоматично.

При безперервному процесі виробництва стрічки, яка зрізається з переднього чи заднього валка, розвантаження вальців також здійснюється безперервно.

Пристрої для очищення валка та перемішування матеріалу призначено для полегшення праці вальцювальника, інтенсифікує процес перемішування та пластифікації, а також може використовуватися для обмеження зони обробки матеріалу.

Перед зупинкою вальці необхідно розвантажити і поступово охолодити при безперервному обертанні валків. Швидкість охолодження при цьому повинна бути не більше 1°С на хвилину для запобігання утворення тріщин на поверхні валків.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Матеріали, призначені для виготовлення вузлів деталей машини повинні задовольняти комплексу вимог, обумовлених конструкцією, технологією обробки й експлуатацією машини.

- достатня корозійна стійкість при заданій температурі, визначена швидкістю проникнення корозії;

- достатня механічна міцність вальців при заданій температурі з урахуванням специфічних вимог, що пред'являються при випробуванні і експлуатації устаткування;

- здатність матеріалу до лиття і зварювання із забезпеченням високих механічних властивостей і корозійної стійкості зварних з'єднань, можливість обробки матеріалу різанням, тиском, а також термічної обробки.

При виборі матеріалів для машин, що працюють при підвищених температурах, необхідно враховувати, що механічні властивості матеріалів істотно змінюються залежно від температури. Як правило, міцнісні властивості металів і сплавів підвищуються при низьких температурах і знижуються при високих. Пониження міцнісних властивостей при високих температурах обумовлене тим, що в металі відбуваються структурні і фазові перетворення.

Кришки підшипників валків, кришки механізму регулювання зазору, щока, траверса пристрою для очистки вальців тощо виготовлені вуглецевої сталі ВСт3сп ГОСТ 380-71.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.14 - 0.22	0.12 - 0.3	0.4 - 0.65	до 0.3	до 0.05	до 0.04	до 0.3	до 0.3	до 0.08

Це вуглецева конструкційна сталь звичайної якості, що має досить гарні механічні властивості  $\sigma_B = 380$  МПа,  $\sigma_T = 240$  МПа.

Шестерні, вали приводів виготовлені зі сталі 45 ГОСТ 1050-88. Це конструкційна сталь з наступним хімічним складом:

					2017.021.00.000 ПЗ				Арк.
									25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42 - 0.50	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.08

Механічні властивості сталі:  $\sigma_B =$  до 900 МПа,  $\sigma_T =$  до 750 МПа.

Колесо приводу заднього валка, обойма механізму регулювання зазору виготовленні зі сталі 45Л ГОСТ 977-88.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.42 - 0.5	0.20 - 0.52	0.4 - 0.9	до 0.3	до 0.045	до 0.04	до 0.3	до 0.3

Сталь для відливок звичайна. Механічні властивості:  $\sigma_B = 550$  МПа і  $\sigma_T = 320$  МПа.

Черв'як, гвинт механізму регулювання зазору виготовлено зі сталі 40Х ГОСТ 4543 – 71.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.36 - 0.44	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.8-1.1	до 0.35

Ця сталь має гарні механічні властивості після загартування та відпуску:  $\sigma_B =$  до 980 МПа,  $\sigma_T =$  до 785 МПа.

Пружина механізму регулювання зазору виготовлено зі сталі 60С2А ГОСТ 14959–79.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.58 - 0.63	1.6 - 2.0	0.6 - 0.9	до 0.25	до 0.025	до 0.025	до 0.3	до 0.2

Ця сталь має гарні механічні властивості:  $\sigma_B = 1570$  МПа,  $\sigma_T = 1375$  МПа.

Фундаментна плита вальців, корпус підшипника валка переднього, валки виготовлено з сірого чавуну марки СЧ 15-32 ГОСТ 1412-85.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
3,2 – 3,5	2,0 – 2,4	0.7 - 1.1	до 0.5	до 0.15	до 0.4	до 0.15

Механічні характеристики: межа міцності при розтягу 150 МПа, при згині – 320 МПа.

					2017.021.00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				26

Венці черв'ячних коліс виготовлено з бронзи БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78.

Fe	Si	Mn	Zn	Sn	P	Pb	Cu	Al
2 - 4	до 0.1	до 0.5	до 1	до 0.1	до 0.01	до 0.01	84.3-90	8-10

Це алюмінієва бронза, що має високі механічні властивості, хороші антифрикційні властивості, корозійно стійка. Механічні властивості:  $\sigma_b$  = до 700 МПа.

Хром (Cr) - робить сталь стійкою проти корозії і окислення, зменшує схильність до ломкого руйнування. Хромиста сталь має підвищену стійкість проти відпуску. Хром підвищує дозакалювання сталі, сприяє отриманню високої і рівномірної твердості, забезпечує підвищену зносостійкість.

Нікель (Ni) - знижує критичну швидкість охолодження сталі і підвищує дозакалювання сталі, в сталях, що відпалюють, трохи підвищує міцність. Сильно зменшує схильність до ломкого руйнування загартованої і відпущеної сталі при кімнатній і знижених температурах. Підвищує опір сталі окисленню при нагріванні і її міцність при підвищених температурах. Нікель забезпечує отримання високої пластичності і в'язкості одночасно з підвищеною міцністю.

Спільна дія хрому і нікелю ефективніше і дає можливість більш повно використовувати переваги обох елементів.

Марганець - найдешевший і доступний легуючий елемент. Він додається в сталь для її розкислення і усуває шкідливий вплив сірки і підвищує її пружність, але при цьому не зменшуючи теплопровідність.

Кремній дешевий і доступний легуючий елемент. При вмісті до 1% кремнію в сталі збільшується її міцність. При більшому вмісті кремнію вона стає крихкою. Даний елемент підвищує її жаростійкість і збільшує електричний опір.

Матеріал прокладок фланцевих з'єднань трубопроводів приймаємо якісний паронит марки ПМБ.

					2017.021.00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				27

Пароніт - це листовий матеріал, виготовлений на паронітових вальцях з суміші волокон хризотилового азбесту, синтетичного каучуку, наповнювачів і вулканізуючий групи. Азбестові прокладочні матеріали типу пароніт застосовують в хімічній і нафтохімічній промисловості, в машинобудуванні, металургії і металообробці, електротехніці та електроенергетиці для забезпечення необхідної герметичності з'єднань різного типу в умовах дії агресивних середовищ, високих температур і тиску. Пароніт буває загального призначення і маслобензостойкий.

Парний ПМБ (маслобензостойкий) застосовується в якості матеріалу прокладки. Матеріал дозволяє виготовляти прокладки різних форм і розмірів. Це універсальний ущільнювач плоских роз'ємів нерухомих з'єднань трубопроводів, компресорів, насосів та судин. У робочому середовищі пароніт ПМБ гарантує відмінну герметичність з'єднань.

Маслобензостойкий пароніт використовується в умовах таких середовищ: легкі і важкі нафтопродукти, розплав воску, масляні фракції, газоподібні і зріджені вуглеці С1-С15, коксовий газ, розсоли, азот і газоподібний кисень. Необхідна температура експлуатації в межах від -40 - +490 градусів при щільності 1,5 - 2,0 г/см<sup>3</sup>.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ ОБЛАДНАННЯ

### 5.1. Матеріальний розрахунок виробництва і вибір основного технологічного обладнання

Проект передбачає випуск ПВХ плівкового матеріалу. Продуктивність цеху після реконструкції складає 26 млн. м<sup>2</sup>/рік. Процес виробництва ПВХ плівкового матеріалу періодичний в 3 зміни.

Ефективний час роботи обладнання дорівнює:

$$261 \cdot 24 - 5 \cdot 24 = 6144 \text{ год,}$$

де 261 - час роботи обладнання в на рік;

5 д. – тривалість ремонту обладнання.

Таблиця 5.1 - Втрати виробництва

Найменування виробничих втрат	До реконструкції			Після реконструкції		
	Види втрат			Види втрат		
	загальні	оборотні	необоротні	загальні	оборотні	необоротні
При транспортуванні	5%	3%	2%	3%	2%	1%
При зважуванні	3%	2%	1%	2%	1,5%	0,5%
При завантаженні	3%	2%	1%	2%	1,5%	0,5%
При роботі обладнання	1%	-	1%	1%	-	1%
Всього	12%	7%	5%	8%	5%	3%

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Як видно з таблиці 1.1 відсоток втрат після реконструкції знизився з 12% до 8%.

Таким чином, за рахунок зниження втрат нам вдалося підвищити продуктивність праці на 4%.

1) Визначаємо масову кількість сировини з урахуванням загальних втрат при транспортуванні на рік.

$$Q_1 = \frac{Q_0 \cdot 100}{100 - P}, \quad (5.1)$$

де  $Q_0$  - масова кількість сировини по переділі;  $Q_0 = 7531160$ ;

$Q_1$  – масова кількість сировини з урахуванням втрат при транспортуванні;

$P$  - відсоток втрат за переділі

$$Q_1 = \frac{7531160 \cdot 100}{100 - 3} = 7764,082 \text{ т/рік}$$

Визначимо кількість загальних втрат на рік:

$$Q'_1 = Q_1 - Q_0 \quad (5.2)$$

$$Q'_1 = 7764,082 - 7531160 = 232,922 \text{ т/год}$$

Оборотні втрати складуть:

$$232,922 - 3\%$$

$$x_1 \quad - 2\%$$

$$x_1 = \frac{232,922 \cdot 2}{3} = 155,281 \text{ т/рік}$$

Необоротні втрати складуть:

$$Q'_2 = Q'_1 - x_1 \quad (5.3)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q'_2 = 232,922 - 155,281 = 77,641 \text{ т/год}$$

2) Визначимо кількість сировини з урахуванням втрат при зважуванні:

$$Q_2 = \frac{Q_0 \cdot 100}{100 - 2\%} = \frac{7531,160 \cdot 100}{100 - 2} = 7684,857 \text{ т/рік}$$

Кількість загальних втрат на рік становитиме:

$$Q'_3 = Q_2 - Q_1 \quad (5.4)$$

$$Q'_3 = 7684,857 - 7531,160 = 153,697 \text{ т/год}$$

Кількість оборотних втрат на рік:

$$153,697 - 2\%$$

$$x_2 \quad - 1,5\%$$

$$x_1 = \frac{153,697 \cdot 1,5}{2} = 115,272 \text{ т/рік}$$

Кількість необоротних втрат складе:

$$Q'_4 = Q_2 - x_2 \quad (5.5)$$

$$Q'_4 = 153,697 - 115,272 = 38,425 \text{ т/рік}$$

3) Визначимо кількість сировини з урахуванням втрат при завантаженні:

$$Q_3 = \frac{7531,160 \cdot 100}{100 - 2} = 7684,857 \text{ т/рік}$$

Кількість загальних втрат на рік становитиме:

$$Q'_5 = 153,697 \text{ т/рік}$$

Кількість оборотних втрат на рік становитиме:

$$x_3 = 115,272 \text{ т/рік}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Кількість необоротних втрат складе на рік:

$$Q'_6 = 38,425 \text{ т/рік}$$

4) Визначимо кількість сировини з урахуванням втрат при роботі обладнання:

$$Q_4 = \frac{7531,160 \cdot 100}{100 - 1} = 7607,232 \text{ т/рік}$$

Кількість загальних втрат на рік становитиме:

$$Q'_7 = Q_4 - Q_0 \quad (5.6)$$

$$Q'_7 = 7607,232 - 7531,160 = 76,072 \text{ т/рік}$$

Кількість необоротних втрат складе на рік

$$76,072 - 2\%$$

$$Q'_8 - 1,5\%$$

$$Q'_8 = 76,072 \text{ т/рік}$$

Визначимо загальну кількість оборотних втрат:

$$Q_{\text{обор.}} = x_1 + x_2 + x_3 \quad (5.7)$$

$$Q_{\text{обор.}} = 155,281 + 115,272 + 115,272 = 285,825 \text{ т/рік}$$

Визначимо загальну кількість необоротних втрат:

$$Q_{\text{необ}} = 77,641 + 38,425 + 38,425 + 76,072 = 230,563 \text{ т/рік}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання заданої проектом програми необхідна наступна кількість сировини:

$$Q_{об} = Q_0 + Q_{обор} + Q_{необ} \quad (5.8)$$

$$Q_{заг} = 7531,160 + 385,825 + 230,563 = 8147,548 \text{ т/год}$$

Визначимо кількість плівки, яке необхідно для виконання виробничої програми з урахуванням всіх втрат, якщо маса 1 м<sup>3</sup> плівки складає 200 м.

$$Q_{пл_1} = \frac{Q_{заг}}{0,200} \quad (5.9)$$

$$Q_{пл_1} = \frac{814754,8}{0,2} = 4073774 \text{ м}^2$$

Визначимо кількість пластикату, необхідного для виготовлення плівки, для забезпечення виробничої програми:

$$Q_{пласт} = Q_{заг} - Q_{обор} \quad (5.10)$$

$$Q_{пласт} = 1847,548 - 385,825 = 7761,721 \text{ т/рік}$$

Добова потреба пластикату:

$$Q_{доб} = \frac{Q_{заг}}{\Pi}, \quad (5.11)$$

де  $\Pi$  - ефективний фонд часу роботи обладнання:

$$\Pi = 6144 \text{ ч} = 261 \text{ доба}$$

$$Q_{доб} = \frac{8147,548}{261} = 31,216 \text{ т/добу}$$

Годинна потреба пластикату складе:

$$Q_{час} = Q_{сут} : 24 = 31,216 : 24 = 1,300 \text{ т/год} = 1300 \text{ кг/год}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо потребу в матеріалі

Таблиця 5.2 - Норма витрати сировини для виробництва декоративно-господарської плівки, товщиною (0,15 ÷ 0,02) мм, на 1 тис. м<sup>2</sup>

Склад пластикату	Кількість, кг
ПВХ с 70	157
ДОФ	58
Едос	18
Стеорат кальцію	1,51
Стеаринова кислота	0,5
Крейда збагачена	26,7
Ва, С <sub>А</sub> стеаринова кислота	23,2
Пігменти-фарбники	4,75
Всього	289,66

$$Q_0 = 289,66 : 1000 \cdot 26000000 = 7531,160 \text{ т/рік}$$

а) Смола ПВХ с 70

$$157 - 1000$$

$$x - 26000000$$

$$x = \frac{157 \cdot 26000000}{1000} = 4082 \text{ т/рік}$$

б) Пластифікатор ДОФ

$$58 - 1000$$

$$x - 26000000$$

$$x = \frac{58 \cdot 26000000}{1000} = 1508 \text{ т/рік}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в)  $E_{\text{дос}}$

$$18 - 1000$$

$$x - 26000000$$

$$x = \frac{18 \cdot 26000000}{1000} = 468 \text{ т/рік}$$

г) Стеорат кальцію

$$1,51 - 1000$$

$$x - 26000000$$

$$x = \frac{1,51 \cdot 26000000}{1000} = 39,26 \text{ т/рік}$$

д) Стеаринова кислота

$$0,5 - 1000$$

$$x - 26000000$$

$$x = \frac{0,5 \cdot 26000000}{1000} = 13 \text{ т/рік}$$

е) крейда збагачена

$$26,7 - 1000$$

$$x - 26000000$$

$$x = \frac{26,7 \cdot 26000000}{1000} = 694,2 \text{ т/рік}$$

ж)  $B_A$ ,  $C_A$  стеаринова кислота

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

23,2 – 1000

x – 26000000

$$x = \frac{23,2 \cdot 26000000}{1000} = 603,2 \text{ т/рік}$$

з) пігменти-фабники

4,75 – 1000

x – 26000000

$$x = \frac{4,75 \cdot 26000000}{1000} = 123,800 \text{ т/рік}$$

### Вибір основного технологічного обладнання

Визначимо дійсний фонд часу роботи обладнання:

$$F_d = F_p \left( 1 - \frac{a_0}{100} \right), \quad (5.12)$$

де  $F_p$  - річний фонд часу роботи обладнання  $F_p = 6144$  год

$a_0$  - час на ремонти та огляди

$$a_0 = a_1 + a_2, \quad (5.13)$$

де  $a_1$  - втрати при ремонті

$a_2$  - втрати при технологічних зупинках

$a_2 = 0$ , тому  $a_0 = a_1 = 5$  дн.

$$F_d = 6144 \left( 1 - \frac{5}{100} \right) = 5836,8 \text{ год}$$

Підготовче відділення

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для замішування колера вибираємо пропелерну мішалку. Необхідна продуктивність

$$Q_m = \frac{G}{F_d} = \frac{8147,548}{5836,8} = 1395,8 \text{ т/ГОДИН}$$

де G - загальна кількість завантаження, яке дорівнює Q<sub>заг.</sub>

Встановлюємо мішалку типу ПМ - 2М, продуктивністю 500 кг / год, виготовлену комбінатом «Ісколе», міста Калініна, з наступними характеристиками:

Габарити	- 290 x 1000 x 2055 мм
Місткість судини	
повна	- 240 л
рабача	- 200 л
Число обертів воділа	- 36 об/хв
Число обертів лопатей	- 95 об/хв
Потужність електродвигуна приладу	- 4,5 кВт

Визначаємо необхідну кількість мішалок:

$$n = \frac{Q_m}{500} = \frac{1395,8}{500} \approx 3 \text{ шт}$$

Для диспергування колера вибираємо тривалкову фарботерку, продуктивністю 400 кг / год, виготовлену фірмою «Полімекс» (Польща), типу НWP 322 - 13 зі наступними технічними характеристиками:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37



Габарити		2460 x 1500 x 1420 мм	
Розмір валків		322,5 мм	
Робоча довжина		800 мм	
Число швидкостей		2	
Окружна швидкість, м/с			
Переднього		Середнього	Заднього
I	0,34	1,01	3,03
II	0,5	1,51	4,55
Фракція		1 : 3 : 9	
Загальна потужність		18,9/15,9 кВт	
Тиск охолоджуючої води		0,1 – 0,2 МПа (1 – 2 атм)	
Робочий тиск мастила		(0 – 10 атм)	

Определяем необходимое количество фарботерок:

$$n = \frac{Q_{кр}}{400} = \frac{1395,8}{400} \approx 4 \text{ шт}$$

З технічних міркувань (так як завод випускає більше 20 видів плитки різних кольорів і різної товщини) приймаємо 6 мішалок і 6 фарботерок . Так як при переході від одного кольору до іншого повністю очистити обладнання від того чи іншого кольору практично неможливо, тому це займає великий ручну працю і зупиняє процес виробництва, що неприпустимо.

Екструдер призначений для пластикації пластичної маси. Основною величиною, що характеризує черв'ячні машини, є діаметр черв'яка. У проекті застосовується черв'ячна машина з діаметром черв'яка  $d = 125$  мм і частотою обертання  $n = 150$  об / хв .

Продуктивність такої машини становить  $G = 1440$  кг/годину.

Необхідна кількість екструдерів

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$n = \frac{G_1}{G} = \frac{1395,8}{1440} \approx 1 \text{ шт.},$$

де  $G_1 = 1395,8$  кг / год - продуктивність цеху пластичної маси згідно матеріального розрахунку.

### Вибір допоміжного обладнання

Сировина надходить на склад сировини в залізничних вагонах. Розвантаження сировини ведеться мостовим краном, вантажопідйомністю 5 тонн.

Визначимо продуктивність крана

$$Q = \frac{3600}{T_{\text{ц}}} \cdot g \text{ т/год} \quad (5.14)$$

де  $g$  – вага вантажу, що переміщуємо

$$g = v \cdot j \cdot \varphi \quad (5.15)$$

$$g = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,9 = 2,1 \text{ т}$$

$v = 1,5 \text{ м}^3$  – ємкість ковша;

$j = 1,5 \text{ т/м}^3$  – щільність;

$\varphi = 0,9$  – коефіцієнт завантаження;

$T_{\text{ц}} = 120 \text{ с}$  – час циклу.

$$Q = \frac{3600 \cdot 2,1}{120} = 63 \text{ т/ч.},$$

Вибираємо мостовий кран ГМ - 5

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина прольоту 22,5 м

Обсяг ковша 1,5 м<sup>3</sup>

Для транспортування сировини зі складу до цеху вибираємо електронавантажувачі вантажопідйомністю 2 т - 2шт, встановлюємо вантажний ліфт.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ, І СТІЙКІСТЬ

### 6.1 Вибір розрахункових схем та навантажень

Розрахунок міцності приводу валків

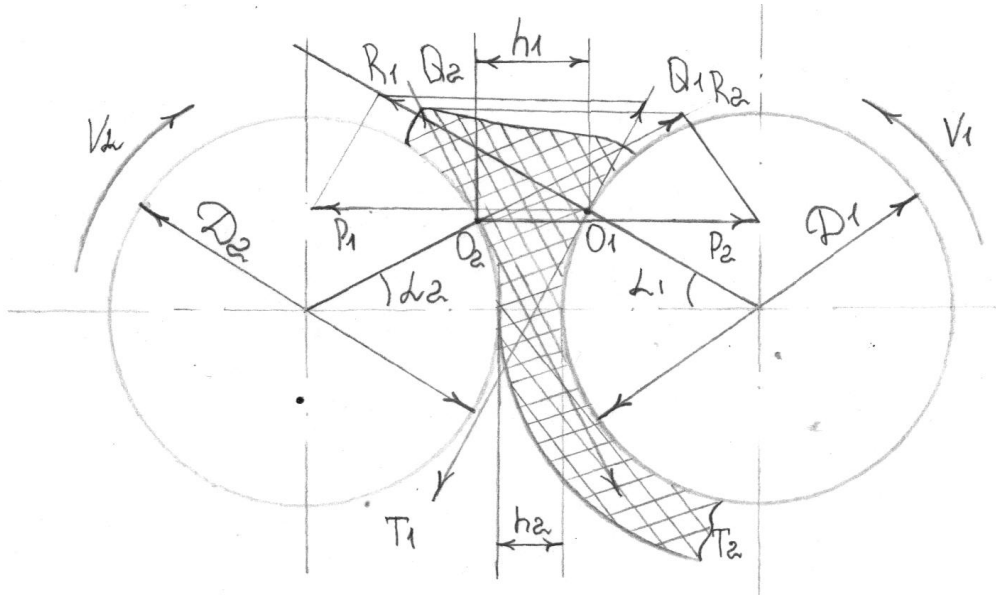


Рис. 6.1 – Схема роботи вальців

Визначення розпiрного зусилля

При роботі вальців валки відчують розпiрний тиск, який є силами реакції матеріалу  $R_1$  і  $R_2$ . Для втягування матеріалу в зазор необхідно, щоб складові  $Q_1$  та  $Q_2$  були менше чим сили тертя  $T_1$  і  $T_2$ , або  $Z_1 R_1 = T_1 > Q_1$ ;  $Z_2 R_2 = T_2 > Q_2$

де  $Z_1$  та  $Z_2$  – коефіцієнти тертя матеріалу о поверхню валків.

З трикутників  $Q_1 O_1 R_1$  та  $Q_2 O_2 R_2$  (рис. 1) маємо:

$$Q_1 = R_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \quad (6.1)$$

$$Q_2 = R_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 \quad (6.2)$$

Звідки

$$Z_1 R_1 > R_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1;$$

$$Z_2 R_2 > R_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2$$

або

$$Z_1 = \operatorname{tg} \rho_1 > \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$Z_2 = \operatorname{tg} \rho_2 > \operatorname{tg} \alpha_2$$

де  $\rho_1$  та  $\rho_2$  – кути тертя суміші о валки

звідки

$$\rho_1 > \alpha_1$$

$$\rho_2 > \alpha_2$$

Тому, матеріал буде захвачуватися валками в тому випадку, якщо кути захоплення  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  будуть відповідно менше, чим кути тертя матеріалу о валки  $\rho_1$  та  $\rho_2$ . Сила розпору теоретично може бути визначена лише приблизно, якщо відомі границі текучості сумішей. Зазвичай силу розпору для розрахунків на міцність визначають за допомогою меседоз, які встановлені в механізмі регулювання зазору між валками та відносять її до одиниці робочої частини валка. Таким чином, розпірне зусилля може бути визначено за формулою [3, с. 45].

$$P = p \cdot L, \quad (6.3)$$

де  $p$  – питома розпірне зусилля;

$L$  – робоча довжина валка.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

При розрахунку запобіжних шайб в механізмі регулювання зазору між валками руйнуюча сила для вальців з довжиною бочки  $L = 1500$  мм приймається  $p = 750$  кН, тобто питоме розпірне зусилля:

$$P = \frac{p}{L} \quad (6.4)$$

$$P = \frac{750}{150} = 5,0 \text{ кН/см}$$

Розпірне зусилля для розрахунків на міцність:

$$P = 5,0 \cdot 150 \approx 750 \text{ кН}$$

### 3.3.2 Розрахунок міцності привода валків

Потужність привода вальців визначаємо за формулою:

$$N = \frac{(M_1 + M_2) \cdot \omega_{\text{сеп}}}{\eta} \text{ кВт}, \quad (6.5)$$

де  $M_1$  – момент опору обертання валків від розпiрного зусилля, Н·м;

$$M_1 = P \cdot D \frac{\sin \alpha}{\alpha} \quad (6.6)$$

$$M_1 = 750 \cdot 10^3 \cdot 0,55 \cdot 0,1305 = 53830 \text{ Н·м},$$

де  $D = 0,56$  м – діаметр валків;

$A = 15^\circ$  – прийняте значення кута захоплення, дорівнюючого куту тертя  $\rho = 15^\circ$  валків  $D = 55$  см та робочій ширині щілині  $h\alpha = 10$  мм;

$M_2$  – момент опору тертя в підшипниках валків, Н·м

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_2 = \mu (P + G_B) \cdot d \quad (6.7)$$

$$M_2 = 0,01 (750 \cdot 10^3 + 27,44 \cdot 10^3) \cdot 0,36 = 2800 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

де  $\mu = 0,01$  – коефіцієнт тертя в підшипниках:

$G_B \approx 2800 \text{ кг} \approx 27440 \text{ Н}$  – вага валка.

$d = (0,65 \div 0,7) 0,56 = 0,36 \div 0,39 \text{ м}$  – діаметр цапфи валка.

Приймаємо  $d = 360 \text{ мм} = 0,36 \text{ м}$ .

$\omega_{\text{сер}}$  – середня кутова швидкість переднього та заднього валків,  $\text{с}^{-1}$

$$\omega_{\text{сер}} = \frac{\omega_{\text{пер}} + \omega_{\text{зад}}}{2} \approx 2 \text{ с}^{-1} \quad (6.8)$$

При прийнятому значенні  $\omega_{\text{сер}} \approx 2 \text{ с}^{-1}$  кутова швидкість валків з урахуванням коефіцієнта фрикції  $\Phi = 1,27$  дорівнює:

$$\omega_{\text{пер}} = 1,76 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{\text{задн}} = 1,76 \cdot 1,27 = 2,24 \text{ с}^{-1}$$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$$

$$\eta = 0,95 \cdot 0,98 = 0,931,$$

де  $\eta_1 = 0,95$  – ККД конічно-циліндричного редуктора;

$\eta_2 = 0,98$  – ККД фрикційної зубчастої пари.

Після підстановки:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{(53830 + 2800) \cdot 2}{0,931} = 121654 \text{ Вт} = 121,7 \text{ кВт}$$

Враховуючи, що міцність електродвигуна досягає своєї максимальної величини тільки на короткий час (приблизно 2 хвилини), при допустимій кратності перевантаження, яка дорівнює 2, приймаємо до установки електродвигун асинхронний трьохфазний з підвищеним пусковим моментом серії АОП2-92-6 з характеристикою:

Потужність  $N = 75 \text{ кВт}$ ;

Частота обертання  $n = 985 \text{ об/хв.}$ ,

Відношення  $\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = 2,2$ .

Фактичне відношення моментів при короткочасному перевантаженні складає:

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = \frac{N}{N_{\text{ном}}} = \frac{121,7}{75} = 162 < \frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}} = 2,2$$

## 6.2. Кінематичний розрахунок приводів

На рис. 6.2 показана кінематична схема приводів вальців, яка включає в себе привід валків та приводи механізмів регулювання зазору

### Привід валків

Умова швидкості валків:

- переднього  $\omega_{\text{п}} = 1,76 \text{ с}^{-1}$ ;
- заднього  $\omega_{\text{з}} = 2,24 \text{ с}^{-1}$

										2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
											45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



Частота обертання заднього валка:

$$n_3 = \frac{30 \cdot \omega_3}{\pi} \quad (6.9)$$

$$n_3 = \frac{30 \cdot 2,24}{3,14} = 21,4 \text{ об/хв.}$$

Загальне передавальне число приводу заднього валка:

$$U = \frac{n_{\text{дв}}}{n_3} \quad (6.10)$$

$$U = \frac{985}{21,4} = 46$$

Передавальне число відкритої зубчастої пари:

$$U_2 = \frac{U}{U_p} \quad (6.11)$$

$$U_2 = \frac{46}{9,65} = 4,76$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Привід валків

Вихідні дані:

1. Кутові швидкості валків	
- переднього	1,76 с <sup>-1</sup>
- заднього	2,24 с <sup>-1</sup>
2. Частота обертання двигуна	985 об/хв.
3. Передавальне число	9,65
4. Фрикція	1,27
5. Передавальне число відкритої зубчастої пари	4,76

Результати розрахунку:

Кутові швидкості валків	
- переднього	1,76
- заднього	2,24
Частота обертання заднього двигуна	214
Загальне передавальне число приводу заднього валка	46
Передавальне число відкритої зубчастої пари	4,76
Частота обертання переднього валка	16,8
Кутові швидкості валків	103
	10,7
	2,23
	1,76
Окружні швидкості валків	V <sub>3</sub> = 36,8
	V <sub>п</sub> = 29
Крутні моменти на валах приводу валків	T <sub>1</sub> = 1181
	T <sub>2</sub> = 10830
	T <sub>3</sub> = 50528
	T <sub>4</sub> = 62900

Частота обертання переднього валка при коефіцієнті фрикції  $\Phi = 1,27$ .

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Привід механізму регулювання зазору між валками

$$\Pi_n = \frac{\Pi_3}{\Phi} \quad (6.12)$$

$$\Pi_n = \frac{21,4}{1,27} = 16,8 \text{ об/хв.}$$

Кутові швидкості валів (рис. 2):

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot G}{30} \quad (6.13)$$

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 985}{30} = 103 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{U_p} \quad (6.14)$$

$$\omega_2 = \frac{103}{9,65} = 10,7 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{U_2} \quad (6.15)$$

$$\omega_3 = \frac{10,7}{4,76} = 2,23 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_4 = \frac{\omega_3}{\Phi} \quad (6.16)$$

$$\omega_4 = \frac{2,23}{1,27} = 1,76 \text{ с}^{-1}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окружні швидкості валків:

$$V_B = \frac{\pi \cdot D \cdot n_3}{60} \quad (6.17)$$

$$V_B = \frac{3,14 \cdot 0,55 \cdot 21,4}{60} = 6,16 \text{ м/с} = 36,8 \text{ м/хв.}$$

$$V_{II} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{II}}{60} \quad (6.18)$$

$$V_{II} = \frac{3,14 \cdot 0,55 \cdot 16,8}{60} = 0,484 \text{ м/с} = 29 \text{ м/хв.}$$

Крутні моменти на валок приводу валків з урахуванням короткочасного перевантаження двигуна:

$$T_1 = T_{дв} = \frac{N}{\omega_1} \quad (6.19)$$

$$T_1 = \frac{121,7 \cdot 10^3}{103} = 1181 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = T_1 \cdot U_p \cdot \eta_p \quad (6.20)$$

$$T_2 = 1181 \cdot 9,65 \cdot 0,95 = 10830 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_3 = T_2 \cdot U_2 \cdot \eta_3 \quad (6.21)$$

$$T_3 = 10830 \cdot 4,76 \cdot 0,98 = 50528 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де  $U_2 = 4,76$  – передавальне число відкритої зубчастої пари.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_4 = T_3 \cdot U_3 \cdot \eta_3 \quad (6.22)$$

$$T_4 = 50528 \cdot 1,27 \cdot 0,98 = 62900 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

### Привід механізму регулювання зазору між валками

Визначаємо крутний момент на натискному гвинті для запобігання сил тертя в гвинтовій парі та підп'ятнику при регулюванні зазору між валками під навантаженням:

$$T = P_1 \left[ \frac{d_{\text{сер}}}{2} \cdot \text{tg}(\alpha + \rho_1) + \frac{2}{3} \cdot \frac{dn}{2} \cdot \mu \right] \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (6.23)$$

де

$$P_1 = \frac{P}{2}$$

$$P_1 = \frac{750}{2} = 375 \text{ Кн}$$

зусилля, яке діє на один гвинт;

$P = 750 \text{ Кн}$  – розпірне зусилля, яке діє на передній валок.

$d_{\text{сер}}$  – середній діаметр різьби.

Для однозаходної трапецеїдальної Tr 120 × 12 по ГОСТ 24738 – 81

$$d_{\text{сер}} = d - 0,55 = 120 - 0,5 \cdot 12 = 114 \text{ мм}$$

$\alpha$  – кут піднімання гвинтової лінії різьби;

$$\text{tg}\alpha = \frac{S}{\pi \cdot d_{\text{сер}}} \quad (6.24)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{12}{3,14 \cdot 114} = 0,03352$$

$$\alpha = 2^{\circ}01'$$

$\rho_1$  – кут тертя в нарізці.

При коефіцієнті тертя в різьбі  $\mu = 0,1$ .

$$\rho = \operatorname{arctg} \mu = \operatorname{arctg} 0,1 = 5^{\circ}47'$$

$d_n = 100$  мм – діаметр підп'ятника.

$$T = 375 \cdot 10^3 \left[ \frac{0,114}{2} \cdot \operatorname{tg}(2^{\circ}01' + 5^{\circ}47') + \frac{2}{3} \cdot \frac{0,1}{0,2} \cdot 0,1 \right] = 1459 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

Потужність електродвигуна:

$$N = \frac{T \cdot \omega}{U \cdot 2} \text{ кВт} \quad (6.25)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість натискного гвинта;

Приймаємо швидкість переміщення натискного гвинта  $V = 15$  мм/хв.

Тоді частота обертання натискного гвинта при різьбі  $S = 12$  мм.

$$\Pi_B = \frac{V}{S} \quad (6.26)$$

$$\Pi_B = \frac{15}{12} = 1,25 \text{ об/хв.}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Кутова швидкість натискного гвинта:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_B}{30} \quad (6.27)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1,25}{30} = 0,13 \text{ c}^{-1}$$

Передавальне число двох черв'ячних пар:

$$U = U_1 \cdot U_2 \quad (6.28)$$

$$U = 40 \cdot 28 = 1120$$

де  $U_1 = 40$ ,  $U_2 = 28$  – прийняті за ГОСТ 244-76 значення передавальних чисел черв'ячних пар.

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \quad (6.29)$$

$$\eta = 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 0,147 \text{ – ККД привода}$$

де  $\eta_1 = \eta_2$  – ККД черв'ячної передачі при однозаходному черв'яку.

$\eta_3 = 0,3$  – ККД гвинтової пари [5, с. 217]

$$N = \frac{1459 \cdot 10^3 \cdot 0,13}{1120 \cdot 0,147} = 1152 \text{ Вт} = 1,152 \text{ кВт}$$

За ГОСТ 19523-74 приймаємо трьохфазний асинхронний короткозамкнений двигун серії 4А80В4У3,  $N = 1,5$  кВт,  $n = 1450$  об/хв.

Крутні моменти на валах приводу регулювання зазору (рис. 2):

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$T_5 = \frac{N_{дв}}{\omega_{дв}} \quad (6.30)$$

$$T_5 = \frac{1,5 \cdot 10^3}{151,8} = 9,9 \text{ Нм}$$

де

$$\omega_{дв} = \frac{\pi \cdot n_{дв}}{30} \quad (6.31)$$

$$\omega_{дв} = \frac{3,14 \cdot 1450}{30} = 151,8 \text{ с}^{-1}$$

Кутова швидкість вала двигуна

$$T_6 = T_5 \cdot U_1 \cdot \eta_1 \quad (6.32)$$

$$T_6 = 9,9 \cdot 40 \cdot 0,7 = 277,2 \text{ Нм};$$

$$T_7 = T_6 \cdot U_2 \cdot \eta_2 \quad (6.33)$$

$$T_7 = 277,2 \cdot 28 \cdot 0,7 = 5433 \text{ Нм};$$

### 6.3. Міцнісні розрахунки вальців

Розрахунок переднього валка

Діючі навантаження:

Крутний момент  $T_4 = 62900 \text{ Нм}$ .

Рівномірно розподілене навантаження на боку валка від розпірного зусилля:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$g = \frac{P}{B} \quad (6.34)$$

$$g = \frac{750 \cdot 10^3}{1,5} = 500 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$$

Сили в зачепленні фрикційних шестерен

- окружна сила

$$F_t = \frac{2T_4}{d_4} \quad (6.35)$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 62900}{0,616} = 204220 \text{ Н}$$

де

$$d_4 = Z \cdot m \quad (6.36)$$

$d_4 = 28 \cdot 22 = 616$  мм- дільний діаметр фрикційної шестерні переднього валка

- радіальна сила

$$F_r = F_t \cdot \text{tg} \cdot \alpha \omega \quad (6.37)$$

$$F_r = 204220 \cdot \text{tg}20^\circ = 74340 \text{ Н}$$

де  $\alpha \omega = \text{tg}20^\circ$  – кут зацеплення.

Реакції опор та згинальні моменти в вертикальній площині:

$$R_{A6} = \frac{F_r(a + e) + gB \cdot \frac{a}{2}}{a} \quad (6.38)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{A6} = \frac{74340 \cdot (2,12 + 0,475) + 500 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \frac{2,12}{2}}{2,12} = 466 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$R_{B6} = \frac{-Fr \cdot e + g_B \cdot \frac{a}{2}}{a} \quad (6.39)$$

$$R_{B6} = \frac{-74340 \cdot 0,475 + 79500}{2,12} = 358340 \text{ Н}$$

Перевірка:

$$Fr - R_{A6} + g_B - R_{B6} \quad (6.40)$$

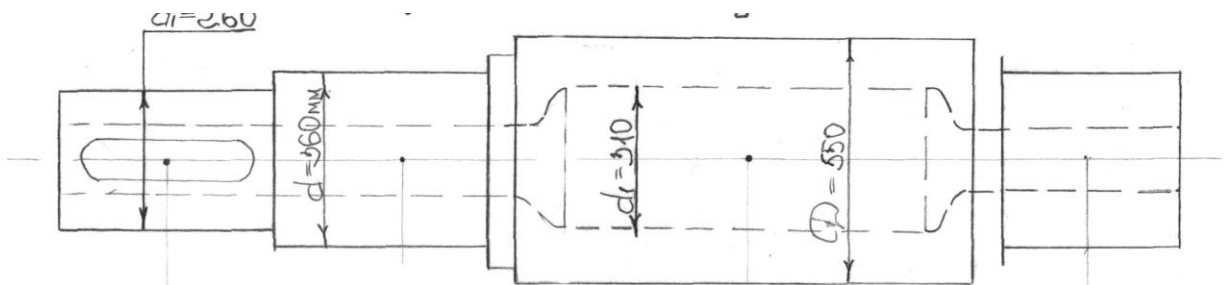
$$46600 \ 750000 - 358340 = 0$$

Згинальні моменти:

$$M_{AB} = -Fr \cdot e \quad (6.41)$$

$$M_{AB} = -74340 \cdot 0,475 = -35310 \text{ Нм}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Розрахункова схема

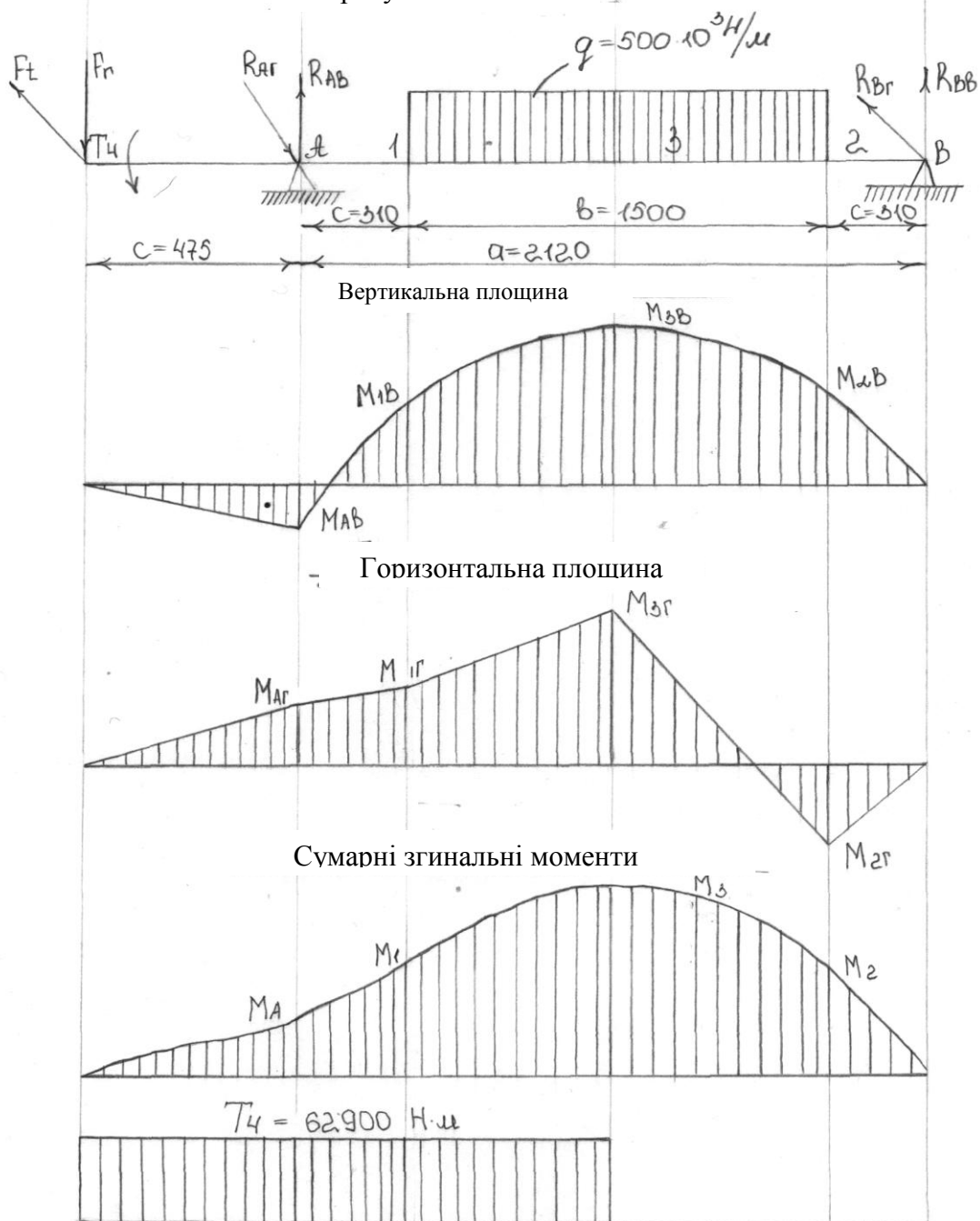


Рис. 6.3 – До розрахунку переднього валка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2017.021.00.000 ПЗ

Арк.

57

$$M_{1B} = g_B \cdot \frac{2c+B}{2a} \cdot c - Fr(e+a) + R_{ab} \cdot c \quad (6.42)$$

$$M_{1B} = 750000 \cdot \frac{2 \cdot 0,31 + 1,5}{2 \cdot 2,12} \cdot 0,31 - 74340(0,475 + 0,31) + 466 \cdot 10^3 \cdot 0,31 = 202350 \text{ Нм}$$

$$M_{2B} = g_B \cdot \frac{2c+B}{2a} \cdot c - Fr(e+c+B) + R_{ab} \cdot (a-c) \quad (6.43)$$

$$M_{2B} = 375 \cdot 10^3 \cdot 0,31 - 74340(0,475 + 0,31 + 1,5) + 466000(2,12 - 0,31) = 789840 \text{ Нм}$$

$$M_{3B} = -Fr \left( e + \frac{a}{2} \right) + R_{ab} \cdot \frac{a}{2} + g_B \cdot \frac{2c+B}{2a} \cdot \frac{a}{2B} - \frac{\left( \frac{a}{2} - a \right)^2}{B^2} \quad (6.44)$$

$$M_{3B} = -74340 \cdot (0,475 + 1,06) + 466000 \cdot 1,06 + 375 \cdot 10^3 \cdot \frac{2,12}{2 \cdot 1,5} - 0,465 = 937400 \text{ Нм}$$

Реакція опор та згинальні моменти в горизонтальній площині:

$$R_{A\Gamma} = \frac{Ft \cdot (a+e)}{a} \quad (6.45)$$

$$R_{A\Gamma} = \frac{204220 \cdot (2,12 + 0,475)}{2,12} = 249980 \text{ Н}$$

$$R_{B\Gamma} = R_{A\Gamma} - Ft \quad (6.46)$$

$$R_{B\Gamma} = 249980 - 204220 = 45760 \text{ Н}$$

$$M_{A\Gamma} = Ft \cdot e \quad (6.47)$$

$$M_{A\Gamma} = 204220 \cdot 0,457 = 97000 \text{ Нм}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{1Г} = Ft \cdot (e + c) - R_{AГ} \cdot e \quad (6.48)$$

$$M_{1Г} = 204220 \cdot (0,475 + 0,31) - 249980 \cdot 0,31 = 82820 \text{ Нм}$$

$$M_{2Г} = - R_{BГ} \cdot c \quad (6.49)$$

$$M_{2Г} = - 45760 \cdot 0,31 = - 14185 \text{ Нм}$$

$$M_{3Г} = -R_{BГ} \cdot \left( c + \frac{B}{2} \right) + g \frac{B^2}{4} \quad (6.50)$$

$$M_{3Г} = -45760 \cdot \left( 0,31 + \frac{1,5}{2} \right) + 500 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,5^2}{4} = 232754 \text{ Нм}$$

Визначимо напругу в двох перетинах валка:

Перетин 3 посередині бочки та перетин 1 на місці цапфи в бочку.

Сумарні згинальні моменти і моменти опору в розрахунку перетинах 1 і

3.

$$M_1 = \sqrt{M_{1Г}^2 + M_{1Б}^2} \quad (6.51)$$

$$M_1 = \sqrt{82820^2 + 202350^2} = 218642 \text{ Нм}$$

$$M_3 = \sqrt{M_{3Г}^2 + M_{3Б}^2} \quad (6.52)$$

$$M_3 = \sqrt{232745^2 + 937400^2} = 965860 \text{ Нм}$$

Моменти інерції:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$I_3^y = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \left[ 1 - \left( \frac{D}{d} \right)^4 \right] \quad (6.53)$$

$$I_3^y = \frac{3,14 \cdot 0,55^4}{64} \left[ 1 - \left( \frac{0,55}{0,31} \right)^4 \right] = 0,0398 \text{ м}^4$$

де  $d = 0,31$  м – внутрішній діаметр валка.

$$I_1^y = \frac{\pi \cdot D^4}{64} \left[ 1 - \left( \frac{d}{d_2} \right)^4 \right] \quad (6.54)$$

$$I_1^y = \frac{3,14 \cdot 0,36^4}{64} \left[ 1 - \left( \frac{0,36}{0,14} \right)^4 \right] = 0,0351 \text{ м}^4$$

Екваторіальні моменти опору:

$$W_3^y = \frac{2 \cdot I_3^y}{D} \quad (6.55)$$

$$W_3^y = \frac{2 \cdot 0,0398}{0,55} = 0,144 \text{ м}^3$$

$$W_1^y = \frac{2 \cdot I_1^y}{d} \quad (6.56)$$

$$W_1^y = \frac{2 \cdot 0,0351}{0,36} = 0,195 \text{ м}^3$$

Полярні моменти опору:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W^p_3 = 2 \cdot W^y_3 \quad (6.57)$$

$$W^p_3 = 2 \cdot 0,144 = 0,288 \text{ м}^3$$

$$W^p_1 = 2 \cdot W^y_1 \quad (6.58)$$

$$W^p_1 = 2 \cdot 0,195 = 0,39 \text{ м}^3$$

Напряга в перетинах 3 і 1:

$$G_3 = \frac{M_3}{W_3^y} \quad (6.59)$$

$$G_3 = \frac{965860}{0,144} = 6707360 \text{ Н/м}^2 = 67,1 \text{ мПа}$$

$$\tau_3 = \frac{T_4}{W_3^p} \quad (6.60)$$

$$\tau_3 = \frac{62900}{0,288} = 21800 \text{ Н/м}^2 = 21,8 \text{ мПа}$$

$$G_3 = \frac{M_1}{W_1^y} \quad (6.61)$$

$$G_3 = \frac{218642}{0,195} = 1121240 \text{ Н/м}^2 = 11,2 \text{ мПа}$$

$$\tau_1 = \frac{T_4}{W_1^p} \quad (6.62)$$

$$\tau_1 = \frac{62900}{0,39} = 161280 \text{ Н/м}^2 = 16,13 \text{ мПа}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Запаси міцності по нормальним напруженням:

$$n\zeta_3 = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_3} \quad (6.63)$$

$$n\zeta_3 = \frac{140}{67,1} = 2,08$$

$$n\zeta_1 = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_1} \quad (6.64)$$

$$n\zeta_1 = \frac{140}{11,2} = 12,5$$

По дотичним напруженням:

$$n\tau_3 = \frac{\tau_{-1}}{\tau_3} \quad (6.65)$$

$$n\tau_3 = \frac{75}{21,8} = 3,44$$

$$n\tau_1 = \frac{\tau_{-1}}{\tau_1} \quad (6.66)$$

$$n\tau_1 = \frac{75}{16,13} = 4,65$$

де  $\zeta_{-1} = 140$  МПа;  $\tau_{-1} = 75$  МПа- границі витривалості для чавуна СЧ 15-32 [3, с. 469].

Загальні запаси міцності в небезпечних перетинах [5, с. 264]:

$$n_3 = \frac{h_{G3} \cdot h_{\tau_3}}{\sqrt{n\zeta_1^2 + n\tau_1^2}} \quad (6.67)$$

$$n_3 = \frac{2,08 \cdot 3,44}{\sqrt{2,08^2 + 3,44^2}} = 1,78 > 1,5$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_1 = \frac{h_{G1} \cdot h_{\tau 1}}{\sqrt{n\zeta_1^2 + n\tau_1^2}} \quad (6.68)$$

$$n_1 = \frac{12,5 \cdot 4,65}{\sqrt{12,5^2 + 4,65^2}} = 4,36 > 1,5$$

Запас міцності валка в небезпечних перетинах достатній.

Розрахунок зубчастої циліндричної передачі приводу заднього валка

Вихідні дані (рис. 2):

Передавальне число передачі  $U = 4,76$ .

Крутний момент на шестерні  $T_2 = 10830$  Нм

Кутова швидкість шестерні  $\omega_2 = 107$  с<sup>-1</sup>

Ступінь точності передачі – 8 – В

Вибір матеріалів та визначення допустимих напруг

Приймаємо для шестерні – сталь 45 з поверхневою теплообробкою до HRC 45...55;  $\zeta_B = 900$  мПа,  $\zeta_T = 750$  мПа [8, с. 9], для колеса – сталь 45 л – II,  $\zeta_B = 550$  мПа;  $\zeta_T = 320$  мПа; HB = 179 – 207 [9, с. 154].

Визначаємо допустимі контактні напруження за формулами [7, с. 202]

$$[\zeta]_H = \frac{\zeta_{eiTB}}{S_H} \quad (6.69)$$

де  $\zeta_{eiTB}$  = базова границя контактної витривалості поверхня зубців, яка відповідає базовому числу циклів [7, с. 185].

- колеса:

$$\zeta_{eiTB} = 2HB + 70 \quad (6.70)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\zeta_{\text{сiтв}} = 2 \cdot 193 + 70 = 456 \text{ мПа}$$

- для шестерні

$$\zeta_{\text{неі}} = 2\text{HRC} + 20 \quad (6.71)$$

$$\zeta_{\text{неі}} = 17 \cdot 50 + 20 = 870 \text{ мПа}$$

де

$$\text{HB} = \frac{179 + 207}{2} = 193 \text{ мПа}$$

$$\text{HRC} = \frac{45 + 55}{2} = 50 \text{ мПа}$$

$S_H = 1,1$  – коефіцієнт безпеки [7, с. 187].

$K_{HL}$  – коефіцієнт довготривалості, який залежить від співвідношення:

$$\frac{N_{HE}}{N_{HO}}, \quad (6.72)$$

де  $N_{HE}$  – еквівалентне

$N_{HO}$  – базове число циклів наружи в зубцях

$$N_{HE} = 60 \cdot c \cdot n \cdot t \quad (6.73)$$

$$N_{HE} = 60 \cdot 1 \cdot 102 \cdot 36000 = 22 \cdot 10^7,$$

де  $c = 1$  – число зачеплень;

$$n = n_3 \cdot u \quad (6.74)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$n = 21,4 \cdot 4,76 = 102$  об/хв – частота обертання шестерні.

Приймаємо режим роботи вальців по 12 годин на добу на протязі 10 років, 300 днів на рік, тоді:

$$t = 10 \cdot 300 \cdot 12 = 36000 \text{ годин} - \text{строк служби передачі}$$

$$N_{HO} = 10 \cdot 10^6 \text{ при } HB \approx 200 [7, \text{ с. } 188].$$

$$\frac{N_{HE}}{N_{HO}} = \frac{22 \cdot 10^7}{10 \cdot 10^6} = 22, \text{ тобто } N_{HE} > N_{HO}$$

тобто  $K_{H4} = 1$  [7, рис. 12.20].

Допустиме контактне напруження:

- для колеса

$$[\zeta]_H = \frac{456}{1,1} = 415 \text{ мПа} \quad (6.75)$$

- для шестерні

$$[\zeta]_H = \frac{870}{1,1} = 790 \text{ мПа} \quad (6.76)$$

Допустиме напруження згину визначаємо за формулою [7, с. 194]:

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_{Feimb}}{S_F} \cdot K_{FL} \cdot K_{FC} \quad (6.77)$$

де  $\sigma_{Feimb}$  – базова границя витривалості зубців по одному з напрямів згину [7, табл. 12.6]

- для колеса:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\text{Feimb}} = 1,35 \text{ HB} + 100 \quad (6.78)$$

$$\sigma_{\text{Feimb}} = 1,35 \cdot 193 + 100 = 360 \text{ мПа}$$

- для шестерні

$$\sigma_{\text{Feimb}} = 600 \text{ мПа}$$

$S_F$  – коефіцієнт безпеки.

Для литої заготовки колеса  $S_F = 2,2$  для шестерні з поковки  $\sigma_F = 1,7$  [7. с. 194].

$$K_{\text{FL}} = \sqrt[m]{\frac{N_{\text{FO}}}{N_{\text{FE}}}} \quad (6.79)$$

$$K_{\text{FL}} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{22 \cdot 10^6}} = 0,52 \text{ – коефіцієнт довготривалості}$$

де  $m = 6$  при  $\text{HB} < 350$ ;

$N_{\text{FO}} = 4 \cdot 10^6$  – базове число циклів напруги;

$K_{\text{FC}} = 1$  при односторонньому навантаженні.

Допустима напруга згину:

- колеса

$$[\sigma]_F = \frac{360}{2,2} \cdot 0,52 \cdot 1 = 85 \text{ мПа}$$

- для шестерні

$$[\sigma]_F = \frac{600}{1,7} \cdot 0,52 \cdot 1 = 184 \text{ мПа}$$

Допустима напруга при короткочасному перевантаженні.

Граничні контактні напруги:

- для колеса

$$[\sigma_{\text{H}}]_{\text{max}} = 2,8 \cdot \sigma_{\text{B}}$$

$$[\sigma_{\text{H}}]_{\text{max}} = 2,8 \cdot 320 = 896 \text{ мПа}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

- для шестерні

$$[\sigma_H]_{\max} = 2,8 \cdot \sigma_T \quad (6.80)$$

$$[\sigma_H]_{\max} = 2,8 \cdot 750 = 2100 \text{ мПа}$$

Граничні напруги згину:

- для колеса

$$[\sigma_H]_{\max} = 0,8 \cdot \sigma_B \quad (6.81)$$

$$[\sigma_H]_{\max} = 0,8 \cdot 320 = 256 \text{ мПа}$$

- для шестерні

$$[\sigma_H]_{\max} = 0,8 \cdot \sigma_T \quad (6.82)$$

$$[\sigma_H]_{\max} = 0,8 \cdot 750 = 600 \text{ мПа}$$

Визначаємо діаметр ділильної округи шестерні за умовами контактної міцності зубців [7, с. 189].

$$d_1 = Kd_3 \sqrt{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta} \cdot (4+1)}{\psi_{bd} \cdot [\sigma_H]^2 \cdot u}} \quad (6.83)$$

де  $Kd = 770$  – для прямозубих передач

$T_2 = 10830 \text{ Нм}$  – крутний момент на шестерні;

$u = 4,76$  – передавальне число передачі;

$\psi_{bd} = \frac{b\omega}{d_1} = 0,85$  - при несиметричному розташуванні зубчастих коліс [7, с. 190].

$K_{up}$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження, який залежить від  $\psi_{bd}$ , знаходимо по графіку 12.18 [7, с. 186]

$K_{up} = 1,15$ .

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_1 = \sqrt{770 \cdot \frac{10830 \cdot 1,15 \cdot (4,76 + 1)}{0,85 \cdot 790^2 \cdot 4,76}} = 282 \text{ мм}$$

Робоча ширина зубчастого колеса:

$$B_w = \psi_{bd} \cdot d_1 \quad (6.84)$$

$$B_w = 0,85 \cdot 282 = 239,7 \text{ мм}$$

Приймаємо  $B_w = 250$  мм.

Модуль зачеплення:

$$m = \frac{B_w}{\psi_m} \quad (6.85)$$

$$m = \frac{250}{18}$$

де  $\psi_{bd} = 15 - 20$  – для передач з литими колесами приймаємо  $\psi_{bd} = 18$ .

За ГОСТ 9563-60 приймаємо  $m = 14$  мм.

Число зубців шестерні

$$Z_1 = \frac{d_1}{m} \quad (6.86)$$

$$Z_1 = \frac{282}{14} = 20,2$$

Приймаємо  $Z_1 = 21 > Z_{\min} = 17$

Число зубців колеса:

$$Z_2 = Z_1 \cdot u \quad (6.87)$$

$$Z_2 = 21 \cdot 4,76 = 99,96$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо  $Z_2 = 100$ .

Уточнюємо діаметри ділільних окружностей шестерні і колеса:

$$d_1 = Z_1 \cdot m \quad (6.88)$$

$$d_1 = 21 \cdot 14 = 294 \text{ мм};$$

$$d_2 = Z_2 \cdot m \quad (6.89)$$

$$d_2 = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ мм.}$$

Міжосьова відстань:

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (6.90)$$

$$a = \frac{294 + 1400}{2} = 647 \text{ мм}$$

Перевірочний розрахунок міцності зубців по контактним напруженням:

$$\sigma_M = Z_u \cdot Z_M \cdot Z_e \sqrt{\frac{\omega_{нт} \cdot u + 1}{d_1} \cdot \frac{u + 1}{u}} \quad (6.91)$$

де  $Z_u$  – коефіцієнт форми сполучених поверхонь зубців в полюсі зачеплення.

Для прямозубої передачі при  $\alpha = 20^\circ$ .

$$Z_u = 1,76 [7, \text{ с. 184}].$$

$Z_M$  – коефіцієнт, який враховує механічні властивості матеріалів сполучених зубців.

Для сталених зубців при  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ мПа}$  та  $\mu = 0,3$ .

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$Z_M = 275 \cdot 10^5 \text{ Па}^{1/2}.$$

$Z_e$  – коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній сполучених зубців.

Для прямозубих коліс:

$$Z_e = \sqrt{\frac{4 - E_2}{3}} \quad (6.92)$$

$$Z_e = \sqrt{\frac{4 - 1,6}{3}} = 0,89$$

де  $E_2 = 1,6$  – коефіцієнт торцевого перекриття для прямозубої передачі [7, с. 184]

$\omega_{нт}$  - питома розрахункова окружна сила.

$$\omega_{нт} = \frac{F_t}{BW} \cdot K_{н\alpha} \cdot K_{н\beta} \cdot K_{н\nu} \quad (6.93)$$

де

$$F_t = \frac{2T_2}{d_1}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 10830 \cdot 10^3}{294} = 73673 \text{ Н} - \text{окружна сила в зачепленні}$$

$K_{н\alpha} = 1$  – коефіцієнт нерівності навантаження між зубцями для прямозубих передач [7, с. 184]

$$K_{н\beta} = 1,15.$$

$K_{н\nu}$  - коефіцієнт динамічного навантаження.

При  $HV > 350$ , швидкості  $V < 2$  м/с та 8му ступеню точності передачі  $K_{н\nu} = 1,08$ .

$$\omega_{нт} = \frac{73673}{250} \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,08 = 366 \text{ н/мм}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_m = 1,76 \cdot 275 \cdot 10^3 \cdot 0,89 \sqrt{\frac{366 \cdot (4,76+1)}{294 \cdot 4,76}} = 528 \text{ мПа}$$

Контактна міцність зубців забезпечується.

### 3.5.2.4 Перевірочний розрахунок зубців по напругам згину

Розрахунок виконується за формулою [7, с. 191].

$$\sigma_F = Y_F \cdot \frac{\omega_{Ft}}{m} \leq [\sigma_F] - \quad (6.94)$$

для прямозубої передачі,

$Y_F$  – коефіцієнт форми зуба.

При коефіцієнті зміщення  $x = 0$ ,  $Z_1 = 21$ ,  $Z_2 = 100$  знаходимо [7, с. 192, рис. 12.23].

$$Y_{F1} = 4,02.$$

$$Y_{F2} = 3,6$$

$$\frac{[\sigma_F]_1}{Y_{F1}} = \frac{184}{4,02} = 45,7$$

$$\frac{[\sigma_F]_2}{Y_{F2}} = \frac{85}{3,6} = 23,6$$

Так як обчислене співвідношення для шестерні більше, чим для колеса, розрахунок виконується для зубців шестерні  $45,7 > 23,6$ .

$$\omega_{Ft} = \frac{F_t}{BW} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \quad (6.95)$$

$$\omega_{Ft} = \frac{73673}{250} \cdot 1,15 \cdot 1,02 = 345,6 \text{ Н/мм}$$

де  $K_{Fv}$  - коефіцієнт динамічного навантаження при згинанні для  $HV < 350$ ,  $V < 2$  м/с, 8го ступеню точності [7, табл. 12.3].

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга згину в зубцях шестерні:

$$\sigma_F = 4,02 \frac{345,6}{14} = 99,3 \text{ мПа} < [\sigma_F] = 184 \text{ мПа.}$$

Міцність зубців по напругам згину забезпечена.

### 3.5.2.5 Перевіряємо міцність зубців при перевантаженні

$$\sigma_{\text{нmax}} = \sigma_{\text{н}} \sqrt{\frac{T_{\text{max}}}{T_2}} \quad (6.96)$$

$$\sigma_{\text{нmax}} = 528 \cdot \sqrt{1,62} = 672 \text{ мПа}$$

$$\text{де } \sqrt{\frac{T_{\text{max}}}{T_2}} = 1,62$$

– короткочасне навантаження перевантажень привода.

$$\sigma_{\text{Fmax}} = \sigma_F \sqrt{\frac{T_{\text{max}}}{T_2}} = 298 \text{ мПа}$$

Міцність зубців по контактним напругам і напругам згину при короткочасних перевантаженнях забезпечена.

### Геометричні розміри передачі

Висота головок зубців:

$$h^* a \cdot m \quad (6.97)$$

$$1 \cdot 14 = 14 \text{ мм}$$

Висота ножів зубців:

$$hf = (h^* a + c^*) \cdot m \quad (6.98)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$hf = (1 + 0,25) \cdot 14 = 17,5 \text{ мм}$$

де  $h^*a = 1$  – коефіцієнт висоти головки зубця;

$c^* = 0,25$  – коефіцієнт радіального зазору.

Висота зуба

$$h = ha + hf \quad (6.99)$$

$$h = 14 + 17,5 = 31,5 \text{ мм}$$

Ділильні діаметри:

$$d_1 = 294 \text{ мм}$$

$$d_2 = 1400 \text{ мм}$$

діаметри вершин зубців:

$$da_1 = d_1 + 2ha \quad (6.100)$$

$$da_1 = 294 + 2 \cdot 14 = 322 \text{ мм}$$

$$da_2 = d_2 + 2ha \quad (6.101)$$

$$da_2 = 1000 + 2 \cdot 14 = 1028 \text{ мм}$$

Діаметри впадин зубців

$$df_1 = d_1 - 2hf \quad (6.102)$$

$$df_1 = 294 - 2 \cdot 17,5 = 259 \text{ мм}$$

$$df_2 = d_2 - 2hf \quad (6.103)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$df_2 = 1000 - 2 \cdot 17,5 = 965 \text{ мм}$$

Міжосьова відстань  $a = 647$  мм. Робоча ширина колеса  $b_0 = 250$  мм.

### Розрахунок черв'ячної пари

Вихідні дані:

- передавальне число  $u = 40$
- крутний момент на черв'яці  $T_5 = 3,5$  Нм
- частота обертання червяка  $n_1 = 1450$  об/хв.

### Вибір матеріалів

Вибираємо матеріал черв'яка – сталь 40Х, покращена до HRC 30...35, венця черв'ячного колеса БрАШ9-4л, колісного центра – чавун СЧ 15-45.

Приймаємо евольвент не зачеплення з кутом прогіна зубців  $\alpha=20^\circ$ . ступінь точності виготовлення – 8ма.

Визначення міжосьової відстані з умови забезпечення контактної міцності зубців [7, с. 237]

$$a_\omega = \left( \frac{Z_2}{g} + 1 \right)^3 \cdot \left( \frac{Z_2}{g} \cdot [\sigma] \right)^2 \cdot K_{н\beta} \cdot K_{н\gamma} \cdot T_6 \quad (6.104)$$

де  $Z_2$  – число зубців червячного колеса.

Рекомендується при  $U > 30$  число заходів червяка приймають  $Z_1 = 1$  [5, с. 174].

При  $U=40$

$$Z_2 = Z_1 \cdot u \quad (6.106)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_2 = 1 \cdot 40 = 40$$

Приймаємо коефіцієнт діаметра червяка  $g = 10$ .

Попередньо приймаємо швидкість ковзання  $V_{ск} = 3$  м/м, тоді

$[\sigma_H] = 205$  мПа – допустима контактна напруга для зубців колеса з бронзи

$K_{H\beta}$  – коефіцієнт концентрації навантаження при змінному навантаженні.

$$K_{H\beta} = 1 + \left( \frac{Z_2}{Q} \right)^3 \cdot (1 - x) \quad (6.107)$$

$$K_{H\beta} = 1 + \left( \frac{40}{108} \right)^3 \cdot (1 - 0,6) = 1,02$$

$$a_\omega = \left( \frac{40}{10} + 1 \right)^3 \cdot \left( \frac{40}{10} \cdot 205 \right)^2 \cdot 1,02 \cdot 1,3 \cdot 98 \cdot 10^3 = 93,2 \text{ мм}$$

де  $T_6 = 3,5 \cdot 40 \cdot 0,7 = 98$  Нм – крутний момент на черв'ячному колесі.

За ГОСТ 2144-76 приймаємо  $a_\omega = 100$  мм

Модуль

$$m = \frac{2a}{(g + Z_2)} \quad (6.108)$$

$$m = \frac{2 \cdot 100}{(10 + 40)} = 4 \text{ мм}, \text{ що відповідає ГОСТ 19672-74.}$$

Уточнюємо значення  $V_{ск}$  і  $\eta$

$$V_{ск} = \frac{V_1}{\cos j} \quad (6.109)$$

$$V_{ск} = \frac{3,04}{0,9952} = 3,05 \text{ м/с}$$

де  $V_1 = 3,04$  м/с

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \quad (6.110)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1450}{30} = 151,8 \text{ с}^{-1} \text{ – кутова швидкість черв'яка}$$

$$d_1 = g \cdot m \quad (6.111)$$

$$d_1 = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м} \text{ – дільний діаметр черв'яка}$$

ККД передачі, який відповідає розрахунковим параметрам [7, с. 235].

$$\eta = \eta_{\text{зн}} \frac{\text{tg} \gamma}{\text{tg}(\gamma + \psi')} \quad (6.112)$$

$$\eta = 0,94 \frac{0,1}{\text{tg}(5^\circ 43' + 1^\circ 40')} = 0,73$$

же  $\eta_{\text{зн}} = 0,94$  – ККД, який враховує втрати в зачепленні 8го ступеня точності на рідкій смазці.

#### Перевірка міцності по напруженням згину

Перевірочний розрахунок міцності зубців черв'ячного колеса по напруженням згину виконуємо за формулою [7, с. 239].

$$\sigma_{F2} = \frac{1,5 \cdot Y_{F2} \cdot K_{Fp} \cdot K_{Fv} \cdot \cos j \cdot T_2}{d_1 \cdot d_2 \cdot m} \leq [\sigma_F]_2 \quad (6.113)$$

$$\text{де } Z_{v2} = \frac{Z_2}{\cos j}$$

$$Z_{v2} = \frac{40}{0,9952} = 40,2$$

$$Y_{F2} = 1,55 \text{ [7, с. 246]}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{F\beta} = K_{HP} = 1,02;$$

$$K_{Fv} = K_{HV} = 1,3$$

$$d_1 = 40 \text{ мм};$$

$$d_2 = Z \cdot m$$

$$d_2 = 40 \cdot 4 = 160 \text{ мм}$$

$[\sigma_F]_2$  - допустима напруга згину для зубців черв'ячного колеса;

Для зубців з бронзи при реверсивній роботі колеса:

$$[\sigma_F]_2 = 0,16 \cdot \sigma_B \cdot K_{FL}$$

$$[\sigma_F]_2 = 0,16 \cdot 400 \cdot 0,7 = 44,8 \text{ МПа}$$

де  $\sigma_B = 400$  МПа границя міцності Бр Аш 9-4п [7, табл. 13.7].

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{N_0}{N_E}} \quad (6.114)$$

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{25 \cdot 10^6}} = 0,7 \text{ - коефіцієнт довговічності,}$$

де  $N_0 = 10^6$  – базове число циклів;

$$N_E = 60 \cdot n_2 \cdot t \quad (6.115)$$

$$N_E = 60 \cdot 36,25 \cdot 12000 \approx 25 \cdot 10^6$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$n_2 = \frac{1450}{40} = 36,25 \text{ об/хв.} - \text{ частота обертання черв'ячного колеса};$$

$t \approx 12000$  тривалість роботи передачі за строк служби.

$$\sigma_{F2} = \frac{1,5 \cdot 1,55 \cdot 1,02 \cdot 1,3 \cdot 0,9952 \cdot 98 \cdot 10^3}{40_1 \cdot 160 \cdot 4} = 11,7 \text{ МПа}$$

Міцність зубців черв'ячного колеса на згин забезпечена

### Визначення геометричних розмірів передачі

Ділильні діаметри черв'яка і колеса:

$$d_1 = 40 \text{ мм}; d_2 = 40 \text{ мм.}$$

Висота головок витків черв'яка і зубців колеса:

$$h_a = h_a^* \cdot m$$

$$h_a = 1 \cdot 4 = 4 \text{ мм}$$

Діаметр вершин витків черв'яка:

$$d_{a1} = d_1 + 2h_a$$

$$d_{a1} = 40 + 2 \cdot 4 = 48 \text{ мм}$$

Ширина обода черв'ячного колеса:

$$b_2 = 0,75 \cdot d_{a1}$$

$$b_2 = 0,75 \cdot 48 = 36 \text{ мм}$$

Висота ножок та зубців витків:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$hf = (h^*a + c^*) \cdot m$$

$$hf = (1 + 0,2) \cdot 4 = 4,8 \text{ мм}$$

Висота зубців і витків:

$$h = ha + hf$$

$$h = 4 + 4,8 = 8,8 \text{ мм}$$

Діаметр впадин черв'яка:

$$df_1 = d_1 - 2hf$$

$$df_1 = 40 - 2 \cdot 4,8 = 30,4 \text{ мм}$$

Розрахунковий крок нарізання черв'яка:

$$p = \pi \cdot m$$

$$p = 3,14 \cdot 4 = 12,56 \text{ мм}$$

Довжина нарізної частини черв'яка:

$$v_1 = (11 + 0,06 Z_2) \cdot m$$

$$v_1 = (11 + 0,06 \cdot 40) \cdot 4 \approx 54 \text{ мм}$$

Діаметр вершин колеса:

$$da_2 = d_2 + 2ha$$

$$da_2 = 160 + 2 \cdot 4 = 168 \text{ мм}$$

діаметр впадин колеса:

$$df_2 = d_2 - 2hf$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$df_2 = 160 - 2 \cdot 4,8 = 150,4 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр черв'ячного колеса при  $Z_1 = 1$  [7, с. 233]

$$d_{ам2} \leq da_2 = 175 \text{ мм}$$

### Тепловий розрахунок

При роторно-короткочасному режимі роботи черв'ячного редуктора перепад температур визначається за формулою [7, с. 248].

$$\Delta t = t_M - t_B = \frac{P1(1-\eta) \cdot \Sigma t}{60 \cdot K \cdot A} \leq [\Delta t] \quad (6.116)$$

де  $t_M = 60 - 90 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура мастила =  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$t_B = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура повітря

$[\Delta t] = 70 - 20 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  – допустимий перепад температур.

$\Sigma t$  – сума робочих перепадів на протязі однієї години при поворотно-короткочасному режимі, приймаємо  $\Sigma t = 30$  хвилин,  $K = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  – коефіцієнт теплопередачі;

$A$  – площа поверхні охолодження корпусу, попередньо приймаємо з урахуванням загального корпусу на два черв'ячних зачеплення.

$$A \approx 0,35 \text{ м}^2.$$

$P = 1,5 \text{ кВт} = 15 \text{ 103 Вт}$  – потужність, яка передається.

$$\Delta t = \frac{1,5 \cdot 10^3 (1 - 0,73) \cdot 30}{60 \cdot 15 \cdot 0,35} = 38,6^\circ \leq [\Delta t] = 50^\circ \text{C}$$

Додаткових заходів по охолодженню корпусу черв'ячної пари не потрібно.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

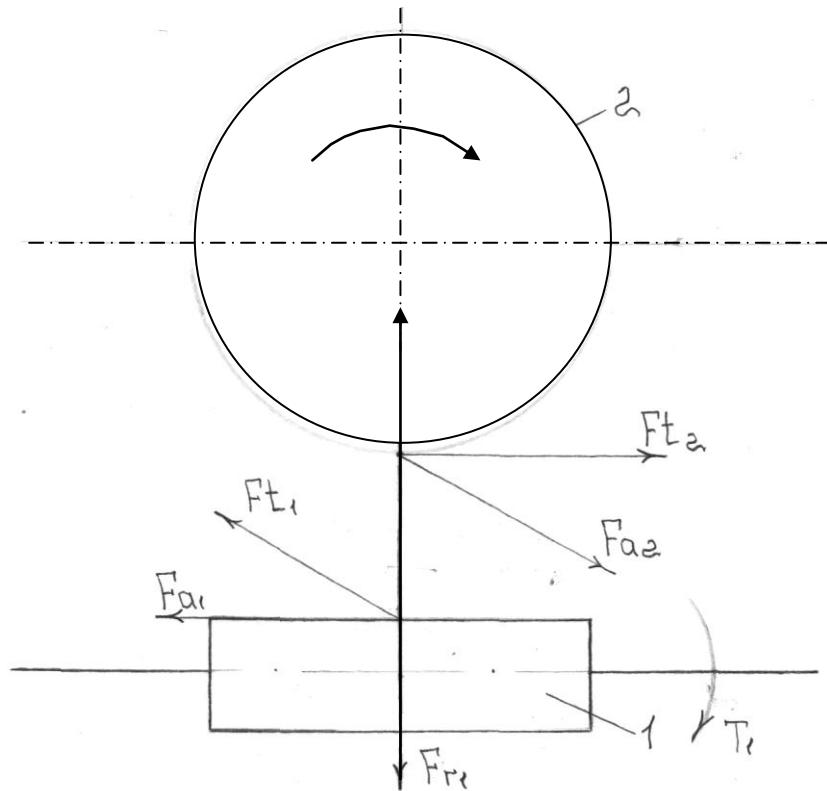


Рис. 6.4 – Визначення зусиль в зачепленні

Окружне зусилля на черв'яці  $F_{t1}$ , яке дорівнює осьовому зусиллю на колесі  $F_{a2}$ .

$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{2T_1}{d_1} \quad (6.117)$$

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 9,9 \cdot 10^3}{40} = 495 \text{ Н}$$

де  $T_1 = T_5 = 9,9 \text{ Нм}$ ;  $T_2 = T_6 = 277,2 \text{ Нм}$  – крутні моменти на черв'яці і валу колеса.

Осьове зусилля на черв'яку дорівнює окружному зусиллю колеса  $F_{t2}$ :

$$F_{a1} = F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2} \quad (6.118)$$

$$F_{a1} = \frac{2 \cdot 277,2 \cdot 10^3}{160} = 3465 \text{ Н}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Радіальні зусилля:

$$Fr_1=Fr_2= Ft_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha$$

$$Fr_1=3465 \cdot 0,36 \text{ Н} = 1260 \text{ Н}$$

де  $\alpha = 20^\circ$  – кут зацеплення

### Розрахунок валів черв'ячної передачі

Діаметри валів червяка і червячного колеса попередньо визначаємо за зниженим напруженням крутіння:

-діаметр черв'яка:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (6.119)$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{277,2 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 45,2 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр вала під підшипниками вала черв'ячного колеса  $d_2=45$  мм, під черв'ячним колесом  $d_k = 55$  мм.

Вал черв'яка складається з тіла черв'яка та шийок під підшипниками.

Внутрішній діаметр нарізки гвинтів черв'яка  $d_{f1}=30,4$  мм, що значно більше розрахункового значення  $d_1 = 14,9$  мм.

Тому розрахунок вала черв'яка не виконуємо та перевіряємо його на жорсткість.

Стріла прогину черв'яка [10, с. 250].

$$f \leq \frac{\ell^3 \sqrt{Ft_1^2 + Fr^2}}{48 \cdot E \cdot I_{пр}} \leq [Z] \quad (6.120)$$

де  $\ell = 210$  мм – відстань між опорами черв'яка;

$$Ft_1 = 495 \text{ Н};$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Fr_1 = 1260 \text{ Н}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$f = \frac{210^3 \sqrt{495_1^2 + 1260^2}}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 5,71 \cdot 10^4} = 0,00045 \text{ мм}$$

$$f < [f]$$

$$0,0045 \text{ мм} < 0,02 \text{ мм.}$$

Жорсткість черв'яка забезпечена.

### Розрахунок гвинтової пари

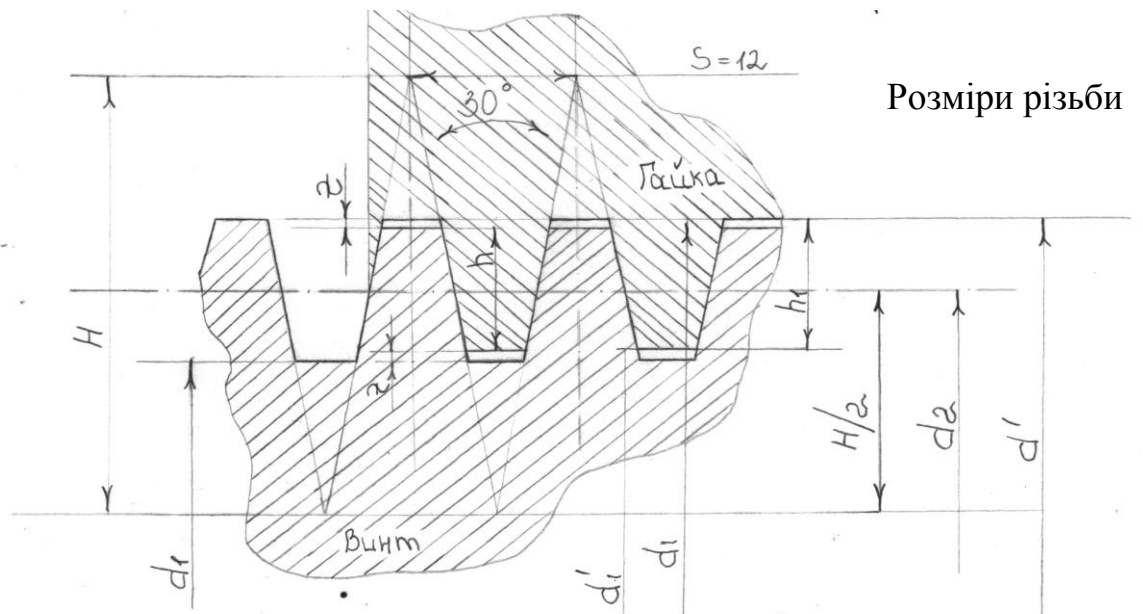


Рисунок 6.5 – До розрахунку гвинтової пари

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2017.021.00.000 ПЗ

Арк.

83

Основним критерієм роботи здатності передачі гвинт-гайка являється зносостійкість, тому з метою зменшення зносу приймаємо антифрикційну пару матеріалів та малі допустимі напруження зім'яття.

Приймаємо матеріал гвинта – сталь 40Х, для гайки – бронза Бр ОуС 6-6-3. приймаємо трапеційдальну різьбу за ГОСТ 24738-81.

Визначимо середній діаметр різьби гвинта і гайки з розрахунку на зносостійкість за формулою [7, с. 265].

$$d_2 = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot K \cdot [g]} \quad (6.122)$$

$$d_2 = \frac{2 \cdot 375 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1,4 \cdot 13} = 114 \text{ мм}$$

де  $K = \frac{H}{d_2} = 1,2 \dots 2,5$  співвідношення висоти гайки та середнього діаметра різьби для цільних гайок. Приймаємо  $K = 1,4$ .

$$F = \frac{P}{a} \quad (6.123)$$

$F = \frac{750}{2} = 375$  кН – осьова сила, яка діє на гвинт та гайку при регулюванні зазору між валками під дією розпірного зусилля на валки  $P = 750$  кН,  $[g] = 13$  мПа – тиск між різьбами гвинта та гайки, які рекомендовані для загартованої сталі по бронзі [7, с. 265].

Розміри різьби за ГОСТ 24738-81 (рис. 5):

- зовнішній діаметр

$$d = d_2 + 0,55$$

$$d = 114 + 0,5 \cdot 12 = 120 \text{ мм.}$$

Висота профіля  $h = 6$  мм;

Зазор  $Z = 0,5$  мм;

Крок

$$S = 2 \cdot h$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = 2 \cdot 6 = 12 \text{ мм}$$

$$H = 1,866 \cdot S$$

$$H = 1,866 \cdot 12 = 22,36 \text{ мм}$$

$$h_1 = 0,5 \cdot S + Z$$

$$h_1 = 0,5 \cdot 12 + 0,5 = 6,5 \text{ мм}$$

$$d_1 = d - 2h_1$$

$$d_1 = 120 - 2 \cdot 6,5 = 107 \text{ мм}$$

$$d' = d - 2 \cdot Z$$

$$d' = 120 - 2 \cdot 0,5 = 119 \text{ мм}$$

$$d_1' = d - S$$

$$d_1' = 120 - 12 = 108 \text{ мм}$$

Хід різьби при числі заходів  $n=1$

$$P_n = n \cdot S$$

$$P_n = 1 \cdot 12 = 12 \text{ мм}$$

Кут піднімання гвинтової лінії  $\psi = 2^\circ 01$ .

Перевіримо умову самогальмування гвинта  $\psi < \varphi$ .

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85



Приймаємо коефіцієнт тертя сталі по бронзі при слабкій смазці  $f = 0,1$ ,  
тоді кут тертя

$$\varphi = \arctg 0,1 = 5^{\circ}50' < \psi = 2^{\circ}01'$$

Умова самогальмування гвинта виконується.

Перевіряємо гвинт на міцність гіпотезі найбільших дотичних напруг.

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\left(\frac{4F}{\pi \cdot d_1^2}\right)^2 + 4\left(\frac{T}{0,2 \cdot d_1^2}\right)^2} \leq [\sigma_{сис}] - \text{еквівалентна напруга,}$$

де  $d_1 = 107$  мм – внутрішній діаметр різьби;

$$T = 1459 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

$$[\sigma_{сис}] = \frac{\sigma_m}{3} \quad (6.124)$$

$$[\sigma_{сис}] = \frac{650}{3} = 217 \text{ МПа}$$

$\sigma_m = 650$  МПа – границя текучості сталі 40 Х покращена [8, с. 9].

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 375 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 107_1^2}\right)^2 + 4\left(\frac{1459 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 107^2}\right)^2} = 42,2 \text{ МПа} \leq [\sigma_{сис}] = 217 \text{ МПа}$$

Міцність гвинта забезпечена з запасом

$$\frac{217}{42,2} = 5,1$$

Так як робочий хід натискного валка всього 10 мм при максимальній відстані від торця гайки до опорної площини гвинта 75 мм, то перевірку гвинта на стійкість за формулою Ейлера не здійснюємо.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Визначимо зовнішній діаметр гайки з умовного розрахунку на розтягування з допущенням, що вся сила  $F$  сприймається тією частиною гайки, яка розташована вне фланцю.

З умови міцності гайки на розтягування знаходимо [2, с. 267].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi[\sigma_p] + d^2}} \quad (6.125)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 375 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40 + 120^2}} = 101,6 \text{ мм}$$

де  $[\sigma_p] = [\sigma_{см}] = 40$  МПа – допустима напруга розтягування для гайки з бронзи.

Прийнятий зовнішній діаметр гайки:  $D = 170$  мм забезпечує достатній запас міцності.

### Вибір редуктора привода валків

Вихідні дані:

Передавальне число редуктора  $u = 9,65$ .

Частота обертання швидкохідного вала редуктора з урахуванням  $n_1 = 985$  об/хв.

Потужність на швидкохідному валу редуктора з урахуванням короткочасного перевантаження  $N = 121,7$  кВт.

Приймаємо до установки конічно-циліндричний редуктор КЦ1-500-IV з параметрами [12, с. 96]:

- передавальне число  $u = 9,65$

- допустима потужність на швидкохідному валу при  $n = 985$  об/хв. – 80 кВт.

- допустиме консольне навантаження

$P = 800$  кВт = 7840 Н.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В приводі вальців на вихідному валу редуктора при короткочасних перевантаженнях діє консольне навантаження на привідній шестерні:

$$Fr = \frac{2 \cdot T_2}{d_1} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (6.126)$$

$$Fr = \frac{2 \cdot 10830 \cdot 10^3}{0,294} \cdot 0,364 = 26820 \text{ Н.}$$

де  $T_2 = 10830$  Нм – крутний момент на шестерні привода заднього валка;

$d_1 = 294$  мм – діаметр ділильної окружності привода шестерні.

Так як консольне навантаження на тихохідному валу редуктора  $Fr = 26820$  Н значно перевищує допустиму для обраного редуктора КУ1-500, передбачаємо заміну тихохідного вала подовженим валом з додатковою опорою на станині заднього валка, що виключає консоль під приводною шестернею.

Остаточо до установки в приводі обертання валків приймаємо стандартний двохступінчастий конічно-циліндричний редуктор типу КУ 1-500 з характеристикою [12, с. 97].

- Передавальне число  $u = 9,65$ .
- Максимальна частота обертання швидкохідного вала  $n = 1000$  об/хв..
- Максимальна потужність на швидкохідному валу редуктора  $N_{\max} = 80$  кВт.

Тихохідний вал стандартного редуктора замінений на трьохопорний вал з додатковою опорою, на вихідному кінці тихохідного вала насаджена приводна шестерня. Додаткова опора вихідного вала редуктора потребує ретельної установки при сборці привода.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Перевірочний розрахунок підшипників опор переднього і заднього валків

Вихідні дані:

- частота обертання валка  $n = 21,4$  об/хв.;
- строк служби (ресурс)  $L_h = 36000$  годин;
- радіальне навантаження, яке дорівнює сумарній реакції найбільш навантаженої опори А (рис. 3).

$$F_r = R_a = \sqrt{R_{AB}^2 + R_{Ar}^2} \quad (6.127)$$

$$F_r = \sqrt{466000^2 + 249980^2} = 528815 \text{ Н}$$

Так як частота обертання валків  $n > 10$  об/хв., вибір підшипників здійснюємо за динамічною вантажопідємністю приймаємо попередньо по розрахованому діаметру цапфи валка  $d_1 = 260$  мм роликотідшипники радіально-упорні конічні двохрядні 2097972 за ГОСТ 6364-75 з параметрами [14, с. 108].

$$d \times D \times T \times c = 360 \times 480 \times 160 \times 128 \text{ мм.}$$

Динамічна вантажопідйомність  $c = 1270000$  Н,  $e = 0,33$ ,  $Y = 2,06$  при  $\frac{F_a}{F_r} < e$   $Y_0 = 2,01$ .

Виконуємо перевірочний розрахунок підшипника лівої опори переднього валка (рис. 3)

Осьові навантаження на опори валків мають впадковий характер зусилля подовжині бочки  $F_a = 0$ .

Визначимо еквівалентне навантаження за формулою [5, с. 292].

$$P = (xVF_r + YF_a) \cdot K_\sigma \cdot K_T \quad (6.128)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 528815 \cdot 1,3 \cdot 1 = 687500 \text{ Н}$$

де  $x = 1$ ,  $Y = 0$  – коефіцієнти радіального та осьового навантаження;

$V=1$  – коефіцієнт обертання обертальному внутрішньому кільці підшипника;

$K_{\sigma} = 1,3$  – коефіцієнт безпеки для машини

$K_T = 1$  – коефіцієнт температур при роботі підшипника при  $t < 100$  °С.

Визначаємо динамічну вантажопідємність за формулою:

$$C = P^p \sqrt{L_E} \quad (6.129)$$

$$C = 687500 \sqrt[3.38]{46.22} = 2173810 \text{ Н}$$

де  $P = \frac{10}{3} = 3,33$  – для роликотпідшипників;

$L_E$  – ресурс підшипника в млн. обертів = 46,22 млн.

Приймаємо до установки в кожній опорі валка по два підшипника 2097972.

Тоді динамічна вантажопідємністю підшипників опори:

$$C = 1270000 \cdot 2 = 2540000 \text{ Н} > 2173810 \text{ Н.}$$

### 6 Розрахунок шпонкових з'єднань

Обираємо та перевіряємо на міцність шпонки під зубчастим колесом привода заднього валка та фрикційною шестернею переднього валка.

#### 6 Шпонка під зубчастим колесом привода заднього валка.

- діаметр вала  $d = 300$  мм;

- крутний момент  $T_3 = 50528$  Нм (рис. 2).

Обираємо за ГОСТ 23360 – 80 шпонку призматичну з розмірами

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b \times h \times c = 70 \times 36 \times 300$$

перевіряємо шпонку по напруженням зім'яття та зрізу за формулами [5, с. 76].

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot T_3}{h \cdot \ell_p \cdot d} \leq [\sigma_{зм}] \quad (6.130)$$

де  $[\sigma_{зм}] = 80 \dots 150$  мПа – допустиме напруження зім'яття при перехідній посадці.

Приймаємо  $[\sigma_{зм}] = 160$  мПа.

$$\tau = \frac{4 \cdot T_3}{h \cdot \ell_p \cdot d} \leq [\tau] \quad (6.131)$$

де  $[\tau] = 0,6$ ,  $[\sigma_{зм}] = 0,6 \cdot 160 = 6$  мПа – допустима напруга зрізу.

$$\ell_p = \ell - b$$

$$\ell_p = 300 - 70 = 230 \text{ мм} - \text{робоча довжина.}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 50528 \cdot 10^3}{36 \cdot 230 \cdot 300} = 81,4 \text{ мПа} \leq [\sigma_{зм}] = 160 \text{ мПа.}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 50528 \cdot 10^3}{70 \cdot 230 \cdot 300} = 20,9 \text{ мПа} \leq [\tau] = 96 \text{ мПа.}$$

Міцність шпонки під зубчастим колесом привода заднього валка забезпечена.

### 3.6.7.2 Шпонка під фрикційною шестернею переднього валка

- діаметр вала  $d = 260$  мм.;

- крутний момент  $T_y = 62900$  Нм (рис. 2).

Обираємо за ГОСТ 23360-80 шпонку призматичну з розмірами

$$b \times h \times \ell = 63 \times 32 \times 300$$

перевіряємо шпонку по напруженням зім'яття та зрізу за формулами [5, с. 76].

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{3M} = \frac{4 \cdot T_3}{h \cdot \ell_p \cdot d} \leq [\sigma_{3M}] \quad (6.132)$$

$$\sigma_{3M} = \frac{4 \cdot 62900 \cdot 10^3}{36 \cdot 237 \cdot 260} = 127,6 \text{ МПа} \leq [\sigma_{3M}] = 160 \text{ МПа.}$$

де  $\ell_p = \ell - b$

$\ell_p = 300 - 63 = 237$  мм – робоча довжина шпонки.

$$\tau = \frac{4 \cdot T_3}{h \cdot \ell_p \cdot d} \leq [\tau] \quad (6.133)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 62900 \cdot 10^3}{63 \cdot 237 \cdot 260} = 32,4 \text{ МПа} \leq [\tau] = 96 \text{ МПа.}$$

Міцність шпонки під зубчастим колесом привода заднього валка забезпечена.

#### 6.4 Змащування механізмів вальців

Швидкість ковзання в черв'ячній передачі:

$$V_{ск} = 3,05 \text{ м/с}$$

Окружна швидкість в зачепленні фрикційної шестерні:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \quad (6.134)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,616 \cdot 16,8}{60} = 0,54 \text{ м/с}$$

Окружна швидкість в зачепленні привода заднього валка:

$$V_3 = \frac{\omega_2 \cdot d_1}{2} \quad (6.135)$$

$$V_3 = \frac{10,7 \cdot 0,282}{2} = 1,51 \text{ м/с}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При таких швидкостях за рекомендацією [10, с. 164] обираємо для змащування черв'ячних зацеплень мастило індустріальне L - 100 А ГОСТ 20799-75, для змащування циліндричних зацеплень – також масло L - 100 А.

Змащування здійснюється окуненням зубчастих та черв'ячних коліс в мастильну ванну. Рівень змащування в картерах повинен бути таким, щоб в мастило було повністю погружено зуб червячного колеса, а тихохідні колеса циліндричних передач були погружені в мастило не більше 1/3 радіуса коліс.

Для змащування підшипників кочення шлицевих з'єднань та передачі гвинт-гайка приймаємо пластичне змащення ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773-73.

Підшипникові камери призбиранні заповнюються не більше 1/3 вільного об'єму камери, підшипники валків змащуються один раз на зміну від централізованої станції густого змащування

#### **6.4 Виводи по конструкції та розрахункам вальців**

Спроектвані вальці забезпечують пластифікацію та попереднє формування заготівель для виготовлення полівінілхлорид них плівок.

Прийняте значення фрикції  $\Phi = 1,27$  забезпечує в робочому зазорі між валками не тільки формування маси, але і ефективне її перетирання, що поліпшує якість продукту вальцування перед подальшою обробкою. Різниця в окружних швидкостях валків призводить до того, що виходяча з валків стрічка матеріалу під дією сил тертя заднього валка, який обертається з більшою швидкістю, відхиляється в сторону переднього валка та напірає на його поверхню. Для усунення цього явища передбачено пристрій для очищення переднього валка, яке окрім очищення валка сприяють інтенсивному перемішуванню маси, яка надходить на вальці. Кількість скребків, їх положення вздовж утворюючої валка може бути змінено в залежності

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93



Захисту механізмів від поламання при перевантаженнях або випадковому попаданні сторонніх предметів в робочій зазор між валками. Для цього встановлені аварійні вимикачі приводу обертання валків, які керуються оператором з робочого місця, а також передбачені запобіжні шайби в механізмах регулювання валків, які руйнуються при перевантаженнях та автоматично роздвигують валки до зазору 25 мм з відключенням електродвигуна приводу валків.

Виконані кінематичні та міцні сні розрахунки показують, що основні деталі та вузли вальців мають достатній для довготривалої експлуатації запас міцності, забезпечена довго тривалість вальців не менше 36000 годин, що при роботі не менше 12 годин на добу дозволить експлуатувати вальці без капітального ремонту на протязі 10 років.

При проектуванні деталей використані, в основному, недорогі матеріали (сірий чавун, вуглецева сталь) окрім найвідповідальніших фрикційних пар гвинт-гайка та черв'ячних передач, де для зниження енерговитрат та підвищення довговічності для гайок або венців черв'ячних коліс використовується бронза.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

**Фундаментна плита** є основою всієї машини і виконується у вигляді масивної виливки з чавуну марки СЧ 15-32 посиленою ребрами жорсткості методом лиття в піщано-глинисті форми.

Методи отримання форм: струшування з допресуванням на формувальних машинах ливарних конвеєрів, пресування під високим питомим тиском на лініях автоматичної формовки. Приготування стрижневих сумішей проводиться в змішувачах періодичної дії. Виготовлення стрижнів проводиться двома способами: 1) на стрижневих напівавтоматах по нагрівається оснащенні; 2) на стрижневих машинах з наступною тепловою сушкою в вертикально - замкнутому сушилі «СКВГ-3».

Плавка чавуну проводиться в коксових вагранках. Рідкий метал подається в ковшах до місць заливки форм. Охолодження форм автоматичних ліній ливарних конвеєрів проводиться на охолоджувальних вентиляльованих гілках. Вибивання виливків на автоматичних лініях і ливарних конвеєрах проводиться на струшуючих вибивних ґратах. Відбиття літників проводиться в прохідних галтувальних барабанах безперервної дії. Літники, що не відбилися в галтувальних барабанах, відбиваються вручну.

Охолодження виливків починається після заливки форм. Виливки охолоджуються разом з формою в процесі вибивання, транспортування і очищення. Крупні відливання додатково охолоджуються у водяній ванні. Очищення дрібних виливків проводиться в дробометних барабанах безперервної дії.

Очищення великих виливків – в дробометній камері безперервної дії, а потім остаточна обробка і фарбування виливків. Зачистка наждаком виливків здійснюється на односторонніх копіювально-шліфувальних верстатах. Забарвлення виливків здійснюється методом занурення з наступним сушінням в сушильній камері.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для економії чорних металів і зниження трудових витрат на заводах фундаментні плити вальців з бочками валків довжиною 800 мм і більше почали виготовляти із залізобетону. Така плита для змішувальних вальців виконується з бетону марки 400 з каркасом з арматурної сталі діаметром 20 мм. Маса арматури становить всього 10-12% від маси плити.

Для кріплення станини, редуктора і електродвигуна в залізобетонну плиту вмонтовані оброблені пластини – платики, приварені до основної арматури. У місці проходу і спирання фундаментних болтів в плиті є стакани зі Ст 3. Маса фундаментної плити з чавуну СЧ 15-32 вальців, довжина бочок валків яких дорівнює 2130 мм, з індивідуальним приводом становить 3500 кг, а маса залізобетонної плити вальців з довжиною бочок валків 800 мм – 3400 кг.

**Станина** вальців відливається зі сталі марки 45Л і має жорстку конструкцію, що складається з двох частин: власне станини і траверси (верхня частина). Остання щільно, в замок, з'єднується зі станиною болтами. Наявність зазору в замку не допускається. Маса станини (з траверсою) 800-1350 кг. Міцність станини повинна бути достатньою для сприйняття розпірних зусиль, що виникають при роботі вальців.

**Валки** є основними робочими деталями вальців, безпосередньо-дотичними з оброблюваним матеріалом. Від якості їх виготовлення, міцності, правильності установки і експлуатації залежить робота всієї машини і технологічні властивості оброблених ПВХ сумішей.

Як зазначалося вище, валки сприймають великі розпірні зусилля, і тому повинні мати достатню міцність, щоб уникнути їх прогинання або поломки. Вони відливаються в кокіль з чавуну марки СЧ 15-32. Товщина зовнішнього вибіленого шару, утвореного при литті на поверхні бочки обробленого валка, дорівнює 8-25 мм (при діаметрі менше 400 мм – від 8 до 20 мм, при діаметрі більше 400 мм – від 10 до 25 мм). Твердість цього шару повинна бути (по ГОСТ 14333-69) в межах HRC 50-55.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після відливання валок обробляється на верстаті; поверхню бочки валка шліфується, а внутрішня порожнину розточується. Шорсткість поверхні бочок валків згідно ГОСТ 2789-59 повинна бути не нижче 6-го класу чистоти для дробильних вальців і не нижче 8-го класу чистоти для інших вальців. Поверхня бочки валка у більшості вальців циліндрична, гладка.

Поверхня бочки валка повинна бути стійкою проти стирання і не деформуватися при зрізанні ПВХ сталевими ножами. У разі зносу зовнішньої, загартованої поверхні бочки її можна шліфувати, поки що знімається при шліфуванні шар знаходиться в зоні вибіленого чавуну.

**Підшипники валків** в більшості сучасних вальців виконуються заводами у вигляді підшипників кочення різних типів. Підшипники валків сприймають значні навантаження від розпірних зусиль і працюють при підвищених температурах від нагрітих шийок валків.

Підшипники кочення при точній установці і правильному догляді за ними мають більш тривалий міжремонтний пробіг, ніж підшипники ковзання, характеризуються меншою витратою електроенергії (до 20% на робочому ходу, до 50% на холостому ходу), забезпечують більш точне регулювання величини зазору і не потребують охолодження корпусу водою. У той же час при використанні підшипників кочення необхідна більш точна обробка шийки валка і більш кваліфікований монтаж.

Вали виготовляють методом точіння на токарних верстатах. Із круглого прокату точать задані діаметри від найбільшого, проточують канавки, знімають фаски, відрізають. На фрезерному верстаті виготовляють шпонкові пази. Перед обробкою циліндричної поверхні підрізають торці. Операція проводиться підрізним різцем з подачею в двох напрямках. Жолобники (заокруглення між ступенями) виконують прохідним різцем з одночасною поперечною і поздовжньою подачею. Радіус галтелі залежить від діаметра ступені. Канавки проходяться поперечною подачею фасонного різця з ріжучою частиною рівній ширині канавки. Широкі канавки виконують у два

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прийоми: поперечної і поздовжньої подачі. Для відрізки готової деталі встановлюють відрізний різець і застосовують поперечну подачу. При цьому, для отримання чистого зрізу краще використовувати різець з похилою ріжучою крайкою. Пряма крайка руйнує зріз і потрібно подальша підрізування торця.

Шпонкові зовнішні пази на валу призначені під призматичні шпонки. Шпонковий паз виконуються на горизонтально-фрезерних або на вертикально-фрезерних верстатах загального призначення. Шпонковий паз обробляють кінцевою фрезою з поздовжньою подачею за один прохід або кілька проходів. Фрезерування кінцевою фрезою за один прохід проводиться таким чином, що спочатку фреза при вертикальній подачі проходить на повну глибину канавки, а потім включається поздовжня подача, з якої шпонкова канавка фрезерується на повну довжину. При цьому способі потрібно потужний верстат, міцне кріплення фрези і рясне охолодження. Внаслідок того, що фреза працює в основному своєю периферійною частиною, діаметр якої після заточки кілька зменшується, в залежності від числа переточувань фреза дає неточний розмір канавки по ширині.

Для отримання по ширині точних канавок застосовуються спеціальні шпонково-фрезерні верстати з маятниковою подачею, що працюють кінцевими двухспіральною фрезами з лобовими ріжучими крайками. При цьому способі фреза вривається на ту ж глибину, як і в попередньому випадку, і фрезерує канавку знову на всю довжину, але в іншому напрямку. Звідси і відбувається визначення методу – маятникова подача. Цей метод є найбільш раціональним для виготовлення шпонкових канавок в серійному і масовому виробництві, так як дає точний розмір паза, що забезпечує взаємозамінність в шпонкових з'єднань.

Крім того, оскільки фреза працює лобовою частиною, вона буде довговічніше, так як зношується не периферійна її частина, а лобова. Недоліком цього способу є значно більша витрата часу на виготовлення паза в порівнянні з фрезеруванням за один прохід. Звідси впливає наступне: 1)

						2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
							98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

метод маятникової подачі треба застосовувати при виготовленні пазів, які потребують взаємозамінності; 2) фрезерувати пази в один прохід потрібно в тих випадках, коли допускається пригонка шпонок по пазах.

Заготовками для черев яків служать круглий прокат в одиничному виробництві або штампування – у великосерійному і масовому виробництві.

Як заготовка черв'ячних коліс використовуються виливки і прокат. При великосерійному виробництві застосовують більш точні методи отримання виливків – лиття під тиском, лиття в кокіль, виливки по виплавлених моделях. Литтям отримують зазвичай також бронзові вінці черв'ячних коліс.

Черв'ячна пара складається з черв'яка і черв'ячного колеса. Як черв'як, так і черв'ячне колесо можуть мати різне конструктивне оформлення. Черв'як може бути насадним на вал, але може бути виконаний і суцільним у вигляді валу.

Черв'ячні колеса зазвичай виготовляється збірним з двох деталей: вінця і маточини; тільки в передачах малих розмірів зустрічаються черв'ячні колеса, виконані у вигляді однієї деталі. Така конструкція коліс пояснюється тим, що в черв'ячних передачах має місце ковзання поверхонь витків черв'яка і зубів колеса з високими швидкостями, внаслідок чого в якості матеріалу для черв'ячного колеса використовується антифрикційний чавун або бронза, що володіють невисокими коефіцієнтами тертя.

Зазначені конструктивні особливості черв'яків і черв'ячних коліс визначають вибір технологічного процесу їх виготовлення. Обробка черв'яків на першому етапі принципово не відрізняється від виготовлення циліндричних зубчастих коліс. Схема обробки на першому і другому етапах черв'ячних коліс аналогічна обробці циліндричних коліс в осьовій установці черв'ячного колеса, а в глободних передачах – і черв'яка при токарній і зубооброблюючій операціях. Другий етап технологічного процесу виготовлення черв'яків і черв'ячних коліс має свої специфічні особливості, не властиві іншим видам передач і в значній мірі залежать від обраної геометрії зачеплення пари.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обробка заготовок черв'яків і черв'ячних коліс проводиться на універсальних токарних, карусельних, зубофрезерних і інших верстатах, а також і спеціальних. Для обробки заготовок глобоїдних черв'ячних пар доцільно використовувати гідрокопіювальні пристрої або спеціальні поворотні супорти.

Черв'ячні колеса нарізають на зубофрезерних і спеціальних верстатах трьома методами: 1) методом радіальної подачі; 2) методом тангенціальної подачі; 3) комбінованим методом.

Метод радіальної подачі застосовується головним чином для нарізування черв'ячних зубчастих коліс однозахідних і рідше – двозахідних. Він може бути застосований лише при виготовленні коліс, що працюють в парі з черв'яками, що мають кут підйому менше  $10^\circ$ . В іншому випадку відбувається підрізання зубів колеса. При цьому способом фреза встановлюється горизонтально, симетрично осі колеса, в положення осі сопрягаемого черв'яка. В процесі нарізання фреза нарізує зубчасте колесо; швидкості обертання їх розраховуються так, щоб за один оборот фрези зубчасте колесо повернулося на число зубів, яка дорівнює кількості заходів черв'яка. Крім того, фреза подається радіально на глибину зуба. Довжина фрези повинна перекивати поле зачеплення.

Метод радіальної подачі має високу продуктивність і простий в налагодженні, його застосовують для обробки черв'ячних коліс невисокої якості.

Метод тангенціальної подачі застосовується головним чином для нарізування черв'ячних зубчастих коліс до багатозахідних черв'яків; він виконується за допомогою спеціального супорта, що дозволяє здійснювати тангенціальну (тобто по дотичній лінії до зубчастого колеса) подачу фрези. Як ріжучий інструмент застосовують черв'ячні фрези з збірним конусом або фрезу-летючку. Сітка для частини фрези призначена для чорнової обробки зубів колеса, а також рівномірного розподілу зносу і зменшення

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження на зуби фрези. Циліндрична частина проваидть чистову обробку зубів.

На початку різання фреза встановлюється таким чином, щоб її забірна частина злегка торкалася окружності виступів оброблюваного колеса. Потім фреза переміщається уздовж своєї осі тангенціально щодо до ділильної окружності колеса до тих пір, поки її перший калібруючий зуб з повним профілем не вийде з зачеплення з профілем зуба колеса. Тангенціальна подача вимагає додаткового обертання деталі за допомогою диференціала. Осьова подача повинна бути протилежна напрямку обертання деталі.

Продуктивність способу фрезерування з тангенціальною подачею нижче, ніж з радіальною подачею, а точність вище.

Метод фрезерування з радіально-тангенціальною подачею полягає в тому, що за одну установку заготовки проводиться чорнове нарізування зубів з радіальною подачею. Для забезпечення припуску під чистову обробку радіальна подача вимикається дещо раніше, ніж буде досягнута повна висота зуба, потім верстат автоматично перемикається на тангенціальну подачу для чистового нарізування зубів. При радіально-тангенціальному способі можна застосовувати фрези з збірними конусом і циліндричні фрези тієї ж довжини, як при фрезеруванні з радіальною подачею.

Спосіб з радіально-тангенціальною подачею включає в себе більш високу продуктивність методу з радіальною подачею і краще формоутворення профілю зуба, характерне для способу з тангенціальною подачею. Тангенціальний шлях фрези при цьому способі коротше, ніж при способі з тангенціальною подачею.

В одиничному виробництві при відсутності дорогих черв'ячних фрез застосовують фрезу-летючку. В цьому випадку чорнове нарізування зубів колеса здійснюється з радіальною подачею на 0,2 мм глибше повної висоти зуба, а чистове нарізування – одним різцем з тангенціальною подачею, припуск знімається тільки з бічних сторін зуба.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101



Черв'яки черв'ячної передачі зазвичай піддають термічній обробці. До термічної обробки витки черв'яка обробляють на токарному верстаті різцями або на спеціальних верстатах фрезерують дисковими або пальцевими фрезами. Після термічної обробки профіль витка черв'яка шліфують, а для високонавантажених і швидкохідних передач витки черв'яка додатково полірують для зменшення шорсткості поверхні на профілях зубів.

Вибір схеми технологічного процесу виготовлення черв'яків і черв'ячних коліс проводиться з урахуванням:

- а) конструкції деталі; геометрії бічних поверхонь витків черв'яка; матеріалу черв'яка; виду термообробки; ступеня точності;
- б) обсягу виробництва і його спеціалізації.

Найбільш поширеними є такі схеми технологічних процесів механічної обробки черв'ячної передачі.

Цілісні черв'яки у вигляді валу обробляються в такій послідовності:

- 1) підрізання і центрування заготовки (прокат, штампування);
- 2) чорнова і чистова токарні обробки;
- 3) чорнове і чистове нарізування гвинтової поверхні;
- 4) термічна обробка;
- 5) шліфування або полірування центрових гнізд;
- 6) шліфування опорних шийок і торцевих поверхонь;
- 7) шліфування гвинтових поверхонь (для особливо точних);
- 8) полірування гвинтових поверхонь.

Порожні черв'яки (насадні у вигляді втулки) обробляються в такій послідовності:

- 1) свердління і розточування отвору і підрізання одного торця;
- 2) протягування отвору і шпоночного паза;
- 3) чорнова і чистова токарні обробки;
- 4) чорнове і чистове нарізування гвинтової поверхні;
- 5) термічна обробка;
- 6) шліфування отвору і торця;

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7) шліфування гвинтової поверхні;

8) шліфування гвинтової поверхні.

Обробка черв'ячного колеса проводиться в наступному порядку:

1) токарна обробка отвору і торців (чорнова і чистова);

2) свердління отворів для кріплення;

3) чорнове і чистове нарізування зубів;

4) фінішна обробка зубів.

## 7.1 Технологічний процес зборки вальців

### Фундаменти вальців

Вальці, як правило, встановлюються агрегатами і в більшості випадків з приводом від важких тихохідних синхронних електродвигунів. При влаштуванні фундаменту під електромотор важливе значення має гідроізоляція шахти для статора мотора. Щоб запобігти проникнення ґрунтової води в цю шахту, дно і стінки останньої покриваються спеціальними водонепроникними растворами (гідроізоляцією) або ж в шахті встановлюється металеві кожух з 2-3 мм листової сталі. Для додання жорсткості стінок металевому кожуха до них приварюються ребра жорсткості.

На дні шахти фундаменту обов'язково повинна бути влаштована з бетону тумба, на якій встановлюється домкрат, що підтримує статор електромотора. Для відведення води і масла уздовж фундаменту по його поверхні влаштовується канавка з ухилом 1: 100. Ширина цієї канавки 150-200 мм.

Перевірка виконаного фундаменту під вальці і електродвигун проводиться у загальноновстановленому порядку. Додатково необхідно перевіряти відповідність діаметра отворів у фундаменті і плиті діаметру готівки фундаментних болтів шляхом опускання їх у ці отвори.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір підйомних пристосувань і спеціальних інструментів Найважливіше значення для успішного ходу монтажу і ремонту вальців мають підйомні пристосування. Цехи заводу, в яких встановлюються вальці, оснащуються мостовими кранами вантажопідйомністю до 15 т. Кран переміщується уздовж осі агрегатів, в результаті чого видається повна можливість монтажу та демонтажу будь-який з машин, встановлених в цеху. У випадках, коли монтаж синхронного електромотора проводиться зі спеціально влаштованого пристосування, тоді вантажопідйомність крана може бути обмежена 5 т, тобто максимальною вагою найбільш важкої деталі агрегату.

У цехах більшості ПВХ заводів для монтажу і ремонту вальців встановлені ручні однобалочні крани (кран-балки) або монорельси для пересування по ним кареток ручних ланцюгових блоків (талів). Ручні однобалочні крани монтується на підкранових коліях, прикріплених до балок залізобетонного перекриття першого поверху будівлі. Висота від рівня підлоги і до нижньої площини двотаврової балки, по якій пересуваються каретки ручних ланцюгових блоків, повинна бути не менше 4500 мм. Вантажопідйомність ручного однобалочного крану дорівнює 5 т (для монтажу вальців всіх розмірів) або 3 т для монтажу вальців розміром 560x510x1530 мм і нижче.

В якості монорейок зазвичай застосовуються двотаврові балки, що мають номер профілю від 24 до 30. Над вулицями, уздовж їх осі, на відстані 0,5 м один від одного майже у всіх випадках кріпляться два монорельса. Це дозволяє на одній невеличкій ділянці підвісити кілька вантажопідйомних блоків і створити ширшу маневреність при роботі під час монтажу або ремонту вальців.

Кріплення монорельса до балок залізобетонних перекриттів проводиться за допомогою двох відрізків кутової сталі (зазвичай від 90 x 90 x 10 мм до 120 x 120 x 12 мм), що закріплюються наскрізними болтами. У верхній полиці відрізків просвердлені отвори для пропуску через них

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чотирьох шпильок, на яких утримується монорельс. Під час вивірення монорельса забивається дерев'яна прокладка між балкою залізобетонного перекриття і верхньої полицею монорельса.

На кінцях монорейки ставляться упори. Довжина монорейки зазвичай береться на кілька метрів довшою агрегату вальців. Це необхідно для підтягання деталей монтованих вальців.

Основними підйомними пристосуваннями при монтажі вальців є: ланцюгові блоки, каретки (кішки) для переміщення ланцюгових блоків по монорейки або крановим балках, поліспасти блокі, лебідки, домкрати, троси та канати.

Для монтажу агрегату необхідні: 1) шість ланцюгових блоків (талів) вантажопідйомністю 5 т кожний, три ланцюгових блокі вантажопідйомністю 3 т кожен і три ланцюгових блокі вантажопідйомністю 1-1,5 т кожен; 2) чотири каретки (кішки) для блоків вантажопідйомністю 5 т кожна і дві каретки вантажопідйомністю 3 т кожна; 3) одна лебідка ручна вантажопідйомністю 5 т і друга – вантажопідйомністю 1,5 т; 4) два напрямних однороликкових блокі; 5) два пляшкових домкрата вантажопідйомністю 3 та 5 т.

Для виконання монтажних робіт необхідні такі вимірювальні інструменти: 1) металевий рівень з призматичною або напівкруглою виїмкою, яка застосовується для установки на валу (валовий рівень), а також рамковий рівень. Обидва рівня повинні мати довжину, рівну 250 мм. Кожне ділення шкали цих рівнів має відповідати ухилу не більше 0,5 мм; 2) пластинчастий щуп довжиною 75-100 мм з набором пластин товщиною від 0,05 до 0,5 мм; 3) сталева лінійка довжиною 2-3 м з точно вишабренними ребрами; 4) валовий індикатор; 5) мікрометрична скоба з поділами від 0 до 25 мм; 6) декілька схилів; 7) сталевий тонкий дріт діаметром 0,25-0,3 мм і довжиною 100-125 м.

Крім того, в розпорядженні монтажної бригади повинен бути повний набір слюсарних інструментів (лещата, молотки, кувалди, ломи, напилки,

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ножівки, гайкові ключі всіх розмірів, розвідні гайкові ключі, шабери, викрутки, пробійники та т. д.). А також набір інструментів, необхідних для виробництва трубопровідних робіт (труборізи, затискачі для труб, кліщі та ключі газові, клупи і мітчики для газової різьблення і т. п.).

### **Способи захоплення тросами деталей вальців.**

Щоб уникнути пошкодження деталей вальців при їх підйомі під час монтажу агрегату вальців, необхідно правильно захоплювати деталі вальців тросами. Якщо фундаментна плита піднімається зі встановленими на ній трансмісійними підшипниками, то категорично забороняється кріпити троси до корпусів підшипників. В іншому випадку можливий розрив болтів, за допомогою яких підшипники прикріплені до фундаментної плити.

При підйомі трансмісійного вала трос не повинен торкатись тих місць, якими вал укладається в підшипники. Коли вал переважає тим кінцем, на якому насаджена шестерня або важча сполучна муфта (в разі підйому вала головної машини), то для досягнення рівноваги доводиться робити кінці троса, що йдуть до більш важкої частини валу, коротше решти троса, що йдуть до легкої його частини. При цьому гак розташовується над центром тяжіння вала. Валок вальців піднімається двома таями вантажопідйомністю кожна 5 т.

Захоплення шестерень забезпечує можливість насадки їх на шийки валків в підвішеному стані, так як троси не торкаються поверхні розточених отворів.

### **Монтаж тихохідних синхронних електродвигунів**

Для монтажу тихохідного синхронного електромотора (при відсутності в цеху мостового крана потрібної вантажопідйомності) влаштовується дерев'яна конструкція з колод (діаметром 350-400 мм) або брусів, що встановлюється безпосередньо на готовому фундаменті електромотора. Колоди і бруси цієї конструкції скріплюються металевими скобами і стягуються болтами. Висота стійок дерев'яної конструкції береться не нижче 4 м. На верхніх бревнах конструкції підвищуються троси цепних блоків

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(ручних талів). Кількість необхідних ручних талей визначається операціями з монтажу електромотора. Зазвичай застосовується сім ручних талів вантажопідйомністю 5 т кожна. Кожній з них умовно присвоєно порядковий номер (від № 1 до № 7), що позначає порядок застосування кожної ручної талі при виконанні операцій по монтажу електромотора.

Тихохідний синхронний електромотор складається з трьох вузлів: 1) фундаментної плити з встановленими на ній двома підшипниками вала ротора; 2) ротора; 3) статора.

Монтаж цих вузлів тихохідного синхронного електромотора проводиться в наступному порядку.

На влаштованому тимчасово похилому дерев'яному помосту за допомогою лебідки на готовий фундамент витягають фундаментну плиту. Попередньо перед цією операцією в очищеному колодязі фундаменту опускаються фундаментні болти, які своїми голівками впираються у дно колодязів. Перед установкою фундаментної плити на фундаменті обов'язково необхідно перевірити, чи відповідають діаметри отворів в плиті діаметрам фундаментних болтів, так як іноді бувають випадки, коли виготовлені фундаментні болти не проходять в отвори в фундаментній плиті.

Підйом фундаментної плити для установки її за місцем на фундаменті проводиться за допомогою ручних талів.

Після установки фундаментної плити електромотора фундаментні болти підіймають через вікна в фундаменті і вставляють у відповідні отвори в фундаментній плиті. Одночасно з цим на прямокутні голівки фундаментних болтів надягають анкерні виливки. Зверху фундаментної плити на болти нагвинчують гайки з контргайками.

За виконанням цих операцій зрушують корпуси підшипників вала ротора, і тимчасово встановлюють корпуси підшипників на клітку з дерев'яних брусів або шпал. Зверху на корпуси підшипників укладають дерев'яні бруси.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ротор електромотора (в заводській упаковці) встановлений на дерев'яних санчатах, по похилому помосту витягають на фундамент за допомогою лебідки. Звільнений частково від заводської упаковки ротор електромотора за допомогою ручних талів, троси яких кріпляться до валу ротора, підводиться для зняття решти заводської упаковки. Для того щоб ротор перемістити над фундаментом у напрямку до корпусів підшипників, вал ротора додатково підхоплюється тросом талі.

У міру натягу троса талі, інший трос талі послаблюється і потім звільняється, а ротор переміщається до тих пір, поки при його опусканні він кінцем свого вала не ляже на дерев'яний брус на корпусі підшипника. При цьому корпус ротора повинен бути присунений до правої стінки виїмки в фундаменті. У цьому положенні ротор залишається підвішеним на тросах талів.

Встановивши ротор в зазначеному вище положенні, приступають до монтажу статора електродвигуна. Для цього статор (в заводській упаковці) по похилому помосту за допомогою лебідки зтягується на фундамент і встановлюється під дерев'яною конструкцією. Потім статор (звільнений від заводської упаковки) захоплюють тросами талів за опорні лапи і піднімають всього лише на 100 мм над рівнем фундаментної плити.

Для переміщення вправо над фундаментної плитою статор додатково підхоплюють тросами талів, місця кріплення яких на верхніх колодах дерев'яної конструкції перебувають на відриві 1500 мм від місць кріплення тросів талів.

У міру натягу тросів таями троси талів, на яких підвішений статор, послаблюються. Коли статор, підвішений на тросах талів, займе строго вертикальне положення, починається його опускання на фундаментну плиту поруч з ротором, підвішеним на тросах талів і спирається одним кінцем свого вала на дерев'яний брус.

Після того як статор буде встановлений на фундаментної плити, вал ротора знову підхоплюється тросом талі. У міру натягу троса талів

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

звільняється трос іншої талі і знімається дерев'яний брус з корпусу підшипника. Після цього ротор, підвішений на тросах талів, опускається до тих пір, поки його вал не ляже шийками в підшипники. Один з підшипників попередньо переміщається на ліву сторону фундаментної плити.

Для правильної установки ротора усередині статора електродвигуна проводять горизонтальне переміщення статора корпусів підшипників (з покладеним в них валом ротора) по поверхні фундаментної плити. Це переміщення проводиться за допомогою пляшкових домкратів. Одночасно під статор, при вивірці електромотора, встановлюється на тумбі домкрат, постійно підтримуючий статор під час експлуатації електромотора. Після закінчення установки синхронного електромотора на фундаменті приступають до проведення електромонтажних робіт і насадки на вал ротора електромотора з'єднувальної пружної полумуфти. Насадка полумуфти на вал повинна бути проведена раніше монтажу трансмісійного вала агрегату.

#### **Монтаж агрегату вальців**

Монтаж агрегату вальців проводиться в наступному порядку. В очищені від опалубки колодязі опускають фундаментні болти з насадженими на них анкерними плитками. Колодязі для пальців розміром 660x610x2130 мм повинні бути глибиною 1800 мм і перетином 300x300 мм з деяким розширенням у верхній частині для зручності заливки болтів цементним раствором (для вальців розміром 560 x 510 x 1530 мм – відповідно колодязі мають глибину 1500 мм і той же перетин). Після опускання болтів на фундамент затягуються фундаментні плити за допомогою талів, що переміщаються по монорейці.

Після того як фундаментні болти будуть заведені в отвори плити, приступають до попередньої вивірки фундаментних плит. Вивірка проводиться за допомогою спеціальних підкладок і клинів, які закладаються між фундаментом і фундаментної плити. Для правильної затягування фундаментних болтів клини і підкладки повинні закладатися по обидва боки кожного фундаментного болта.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Розташування фундаментних плит між собою і між приводом вивіряється відносно натягнутої струни і опущених схилів. Переміщення плит при цій вивірці здійснюється за допомогою домкратів. Правильність взаємного розташування окремих фундаментних плит по висоті перевіряється за допомогою лінійок і рівня, а також по з'єднувальним муфтам.

Вивірка з'єднувальних муфт проводиться спеціальним брусом, що закладаються (як щуп) між торцевими площинами половинок муфт. Розмір спеціального бруска відповідає зазору в 3 мм між виступаючими частинами полумуфт трансмісійних валів. Цей зазор необхідний для укладання прокладочного кільця.

Перевірка фундаменту по з'єднувальним муфтам повинна проводитися при обов'язковому поверненні валів, так як при будь-якому положенні валів не повинно бути ніяких відхилень.

Між напівмуфтами синхронного мотора і головними трансмісійними валами встановлюється зазор в 8-10 мм. Вивірка агрегату по осях повинна проводитися з точністю до +0,05 мм.

Після закінчення вивірки фундаментні плити і колодязі болтів агрегату і мотора заливаються бетоном. Необхідно слідкувати за тим, щоб розчин був підлитий (підбитий) під усю поверхню підошви плити, а не тільки з зовнішньої сторони. Поверхня фундаменту перед заливкою повинна бути насічена і ретельно очищена. Особливо важливо, щоб на поверхні фундаменту не було масла. При заливці фундаментних плит поверхні надається деякий ухил від країв фундаменту до його середини і в цей же час влаштовується центральний жолобок (канавка) для стоку води і масла в промислову каналізацію.

Протягом 7-10 днів ніяких робіт на встановлених фундаментних плитах проводити не дозволяється, щоб уникнути порушення схоплення бетонного розчину.

У цей період проводяться такі роботи:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) очищаються канали для охолоджуючої води і проводиться гідравлічне випробування корпусів підшипників валків;

2) очищаються внутрішні порожнини валків від залишків формовочної землі (в разі, якщо внутрішня поверхня валків була оброблена на машинобудівному заводі);

3) знімаються передавальні шестерні з шийок валків (валки зазвичай надходять з натягнутими на них підшипниками і передаточними шестернями);

4) очищаються внутрішні порожнини поперечки станини від залишків формувальної землі і іржі і потім фарбуються олійною фарбою;

5) заготовлюються деталі металевого настилу, що перекриває траншею для трансмісійного вала агрегату, а також виїмки в підлозі, в яких укладені трубопроводи до вальців.

Після закінчення схоплювання бетонного розчину можна продовжувати монтажні роботи. Перед цим проводиться підтяжка фундаментних болтів і контрольна перевірка горизонтальності валів і муфтових з'єднань.

На фундаментні плити одна за одною встановлюються станини (поперечки можуть бути зняті раніше, але можуть бути зняті і після установки станини на місце) і закріплюються на них болтами. Одночасно кожна пара станин стягується двома тягами. Площина прилягання опорної поверхні станини і поверхні тумби фундаментної плити перевіряється за допомогою довгого щупа. У разі виявлення нещільності не можна застосовувати будь-які прокладки. Щільність прилягання повинна бути досягнута пришабровою або навіть припіловкою. Для виконання цих операцій знімають станину і після шабровки знову встановлюють на фундаментній плиті.

Далі на станини укладаються (на дерев'яні підкладки товщиною 100 мм) один за іншим валки і на їх шийки надягаються в підвішеному стані підшипники валків. При правильно насадженому на шийку валка

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

підшипнику зазор між вкладишем і шийкою вала повинен становити 0,6-0,8 мм, а між торцевими частинами підшипників і торцем робочої частини валка – від 2 до 2,5 мм.

Корпуси підшипників заднього валка при установці в станинах повинні щільно прилягати до обробленої бічної поверхні до вертикальної стінки і негайно закріплюватися болтами.

Після установки підшипників валка на станини укладається поперечина і закріплюється болтами, при цьому зазор між корпусами підшипників і поперечиною повинен перебувати в межах 0,15-0,20 мм.

Закріпивши поперечину, приступають до установки великої приводної шестерні на шийку заднього валка і до вивірки зачеплення між нею і шестернею, насадженою на трансмісійний вал. При правильному проведенні монтажних робіт цей радіальний зазор (по всій довжині зуба) повинен складати не більше 0,15 модуля (3-4 мм). Величина цього зазору нерідко в монтажній практиці перевіряється по відбитку свинцевої пластини. Для цього свинцеву пластину закладають в зачеплення між шестернями і шестерні вручну повертають.

Величину зазору регулюють шляхом переміщення станини за допомогою клинів, які закладаються між упором тумби станини і лапою станини. При цьому станини обов'язково повинні бути паралельні. Передавальні шестерні надягають на шийки валків останніми і закріплюються шпонками. Зазор між зубами повинен бути (при зміщених впритул валках) не більше 0,30 модуля (8 мм) і однаковим по всій довжині зуба.

Установкою шестерень закінчується монтаж власне вальців. Після складання всіх інших допоміжних пристроїв (вали, кожухи, піддон, аварійний вимикач, комунікації та ін.) Проводиться закріплення всіх болтів і клинів змонтованих вальців, а також проводиться заправка масла і змащування рухомих частин вальців та з'єднання муфт як трансмісійних валів окремих машин, так і муфти електромотора.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До моменту випробування агрегату повинен бути закінчений монтаж водяної комунікації для охолодження валків і їх підшипників, а також всі електромонтажні роботи як по електромотору, так і по аварійним вимикачів і звукової сигналізації.

Випробування агрегату вальців має проводитися у наступному порядку:

- 1) пуск електромотора (після його сушіння і всіх необхідних електровипробувань) на холостий хід як в одному, так і в іншому напрямках;
- 2) пуск електромотора разом з агрегатом вальців на холостий хід як в одному, так і в іншому напрямках;
- 3) випробування дії аварійних вимикачів (в послідовному порядку) на зупинку електромотора. При нормальному виконанні монтажних робіт поворот валків після зупинки електромотора аварійним вимикачем повинен знаходитися в заданих межах;
- 4) пуск агрегату під завантаженням.

При роботі агрегату протягом перших 48 годин необхідно особливе спостереження вести за підшипниками валків і трансмісійними підшипниками і не допускати їх перегріву. Рекомендується перший час змащувати підшипники валків безпосередньо через вікна в поперечках (минаючи маслянки), додаючи в солідол графітового мастила.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. РЕМОНТ І МОНТАЖ

Для підтримки обладнання в працездатному стані передбачені повсякденний нагляд та догляд, а також передбачені ремонти.

Основною умовою правильної організації ремонту являються запобігання виходу матеріалу з ладу.

Обладнання, яке пов'язане з виробництвом плівкових матеріалів, експлуатується при постійному впливі температур. У зв'язку з цим, правильна організація експлуатації обладнання має особливе значення.

На реконструйованому заводі, ремонтом і контролем за роботою обладнання займається ремонтно-механічна служба, яка очолюється головним механіком заводу. Головному механіку функціонально підпорядковуються всі ремонтні служби заводу.

Безпосередньо в цехах заводу догляд за обладнанням та його ремонт здійснюється цеховим ремонтним персоналом, який складається зі слюсарів, очолюється механіком цеха. Для здійснення цілодобового нагляду та догляду за обладнанням, яке працює в змінах, передбачається черговий ремонтний персонал.

Служба головного механіка проводить та контролює наступні ремонтні роботи:

- врахування технічного стану обладнання;
- планування ремонтних робіт та складання графіків ремонту;
- контроль за технічною експлуатацією обладнання;
- складання заявок і матеріалів на складові частини;
- удосконалення методів ремонту обладнання.

Планування ремонтів на реконструйованому заводі розробляється з урахуванням річного плану ремонту обладнання по всім цехам заводу, а також планів робіт ремонтно-механічного цеха, з узгодженням з планом по виробництву.

План ремонту обладнання складається з наступної документації:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

- розрахунок обсягу ремонтних робіт на плановий період;
- зведеного плану ремонту обладнання;
- планового графіка ППР обладнання;
- річного графіку зупинок на ремонт обладнання.

Одним з основних видів ППР є текучий ремонт, за допомогою якого обладнання весь час підтримується в робочому стані.

Цей вид ремонту здійснюється на місці установки обладнання та зводиться до усунення дефектів обладнання шляхом очищення, промивання, заміни окремих деталей чи вузлів.

Поточний ремонт виконується цеховою ремонтною бригадою, на чолі х механіком цеху.

Капітальний ремонт передбачає за графіком на основані даних періодичної перевірки, яка встановила необхідність проведення ремонту.

Основною задачею ППР являється подовження міжремонтного строку служби обладнання, зниження витрат на його ремонт та підвищення якості ремонту. В організаційно-технічних заходах, які складають систему ППР, повинно передбачати систематичне удосконалення системи шляхом використання передових методів та технології ремонтів, вивчення використання передового досвіду новаторів.

Здійснений розрахунок кількості ремонтів в ремонтному циклі по видам ремонтів на прикладі вальців та екструдера.

Таблиця 8.1 – Данні по вальцям та екструдеру для графіку ППР.

Найменування обладнання	Час роботи між ремонтами			Час простоювання при ремонті			Витрати на ремонт		
	К	С	Т	К	С	Т	К	С	Т
Вальці та бункер з фільтром	34560	17280	720	96	64	7	180	90	6
Екструдер	17280	8640	720	160	112	7	180	90	6

## **Ремонт вальців**

### **Розбирання вальців**

До початку розбирання машини знімається з підвісок вентиляційний кожух і забирається з-під вальців днище. Далі проводиться розкручування болтів кожухів та зняття їх з шестерень.

Одночасно здійснюються роботи по демонтажу всієї мережі трубопроводів для подачі і відведення охолоджуючої води, включаючи в тому числі роботу по роз'єму зливних воронок, фланців з'єднання і інших деталей, пов'язаних з цією мережею трубопроводів. Зливні воронки і заглушки валків знімаються.

До розбирання основних частин машини, щоб уникнути їх пошкодження вивертаються всі маслянки, знімаються стійки аварійного вимикача і обмежувальні стрілки. Після цього за допомогою клинів вибиваються шпонки шестерень і з шийок валків стягуються шестерні. Потім знімаються верхні поперечини зі станин і з останніх виймаються за допомогою талів робочі валки разом з підшипниками.

Валки при зніманні відразу ж укладаються на санчата або візки і доставляються для ремонту в ремонтно-механічний цех.

Після демонтажу валків з фундаментної плити знімаються станини і розбирається трансмісійний вал.

### **Ремонт деталей вальців**

У процесі ремонту всі деталі ретельно очищаються і промиваються гасом. При розбиранні вальців і виконанні ремонтних робіт повинен бути присутнім технік бюро планово-попереджувального ремонту для проведення відповідних замірів зношених деталей і зняття необхідних ескізів.

Найбільш важливим в ремонті вальців є ремонт валків і їх підшипників. Цей ремонт зводиться до зачистки шийок валків і їх шліфування, до шліфування робочої поверхні валків на спеціальних вальцешліфувальних верстатах і підгонці шпонок до канавок на шийках валків для кріплення шестерень.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		117



Якщо на шийках валків є дуже глибокі борозди, які не можуть бути усунені обпилювкою і шліфуванням, на них проводиться наплавка металу електрозварюванням з наступним обточуванням до потрібних розмірів.

Внутрішня порожнина валків очищається від накипу і забруднень, принесених з охолоджувальною водою.

У підшипників валків випресовуються спрацьовані втулки. Після цього проводиться очищення каналів в корпусах підшипників від утворених відкладень і забруднень, і корпуси піддаються гідравлічному випробуванню тиском 2-3 кг/см<sup>2</sup>.

Нові втулки (пришабровують по шийках валків і потім запресовуються в корпуси підшипників. З торцевого боку втулки закріплюються декількома стопорами в корпусі підшипника.

При ремонті вальців також проводяться такі роботи: виправка днища від наявних вм'ятин; зміна гумових прокладок у заглушок і зливних воронок валків; виправка і випробування на герметичність наливом водою кожухів шестерень; очищення трубок і форсунок, розбризкування води в валках; перевірка зубів шестерень; підгонка радіусів обмежувальних стрілок по колу валків.

Збірка вальців і їх випробування після ремонту проводяться в тому ж порядку, як це робиться і при монтажі нових машин.

*Поточний ремонт* вальців здійснюється через 720 – 1000 годин (з тривалістю простою 8-16 годин). При цьому обмежуються:

- а) заміною або ремонтом дрібних деталей (щоки, ущільнення барботерів, арматура);
- б) підтяжкою підшипників;
- в) регулюванням механізму аварійного вимкнення.

*Середній ремонт* повторюється через 8000 – 10000 годин і триває 100 - 150 годин при індивідуальному приводі і до 400 - 600 годин при зупинці на ремонт групи вальців, що працюють від загального приводу.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В цей час додатково до обсягу поточного ремонту проводиться: відновлення валкових вкладишів, шліфування цапф валків, місцевий ремонт шестерень, ремонт (зняття натягу) вкладишів контрприводу, заміна вибракуваних деталей вузлів виключення і гальмування.

*Капітальний ремонт* вальців здійснюється через 25000 – 40000 годин пробігу і триває 200 - 250 годин при індивідуальному приводі і 550 - 800 годин при установці з груповим приводом. При цьому відновлюють всі вузли машини: валки шліфують по цапф і по робочому профілю або замінюють запасними, замінюють валкові вкладиші і вкладиші контрприводу, великі шестерні наплавляють по зубам і обробляють.

Валки для більшості моделей вальців відливають з чавуну в кокіль і повинні мати поверхневу твердість 350-400 по Брінеллю. Глибина твердого загартованого шару повинна становити не менше 20 мм. Ремонт валків складається з наступних операцій:

- 1) очищення порожнин від механічних забруднень і накипу;
- 2) відновлення шийок методом металізації;
- 3) шліфування бочки (по циліндричному або бомбірованому профілю).

Замість трудомісткою механічного очищення порожнин слід рекомендувати застосування хімічної (розчинами сірчаної або соляної кислоти), яку можна проводити без розбирання машин шляхом введення розчинів через барботер. Механічне очищення шарошками і щітками доцільна лише в якості попередньої операції при наявності великих забруднень (пісок, мул і т. п.).

### **Відновлення розмірів валків**

Відновлення шийок валків методом електрометалізації міцно вкоренилась в практику заводів. Для подібної роботи металізаційна ділянка ремонтного цеху повинна бути обладнана досить великим токарним верстатом (ВЦ не менше 300, РМЦ не менше 3000) і обслуговуватися краном-укосиною.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						119
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З урахуванням підготовчо-заключних робіт відновлення валка середніх розмірів займає 2-3 зміни. У тих випадках, коли на вальцях обробляється напівфабрикат, який передається потім на інші операції (каландрування, шприцювання, пресування і т.д.), від робочої поверхні валків не слід вимагати особливої чистоти, і метою перешліфування є усунення нерівномірного зносу (збільшується в середині валка). При призначенні вальців для рафінування або калібрування при перешліфовуванні необхідно відновлювати і так звану бомбіровку.

Перешліфовка бочок валків може здійснюватися: а) на валошліфовальних верстатах; б) на місці установки за допомогою переносного шліфувального приладу; в) на місці установки шляхом підробітки валків одне за одним в присутності абразивної пасти.

Ремонт валків на спеціалізованих ремонтно-механічних заводах проводиться на валошліфовальних верстатах великих моделей. Шліфований валок встановлюється на стійках і приводиться в повільне обертання за допомогою приводу, що складається з електродвигуна і коробки швидкостей. Для полегшення установки і вивірки валка в деяких випадках застосовується шарнірне з'єднання приводу і шліфування валка. Шліфувальне коло приводиться в обертання від окремого електродвигуна, і весь шліфувальний прилад монтується на супорті, переміщуваному на станині верстата уздовж валка.

Шліфування проводиться колами діаметром 400 - 600 мм на керамічній зв'язці. Для грубого переходу застосовуються кола з розміром зерна 24 - 36, для чистового переходу використовують кола з розміром зерна 46 - 60. Рекомендовані окружні швидкості лежать в межах 18-20 м/сек. для кола і 25 - 40 м/хв. для валка. Для додання зношеному валку правильної геометричної форми доводиться часто знімати шар металу до 1 - 2 мм, в цьому випадку глибина шліфування за один прохід доходить до 0,02 - 0,05 мм; при чистовому шліфуванні обмежуються глибиною до 0,01 мм.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

На таких верстатах може бути досягнута висока точність обробки, яка характеризується конусністю не більше 0,002 мм на 1 м довжини робочої частини валка і биттям менше 0,01 мм.

За допомогою копіювального пристосування шліфування може вестися також не по циліндру, а по кривій, заздалегідь розрахованої з умов вигину і температурних деформацій валка в роботі, тобто з бомбіровкою. При відсутності копіювального пристосування бомбіровка проводиться ручною поперечною подачею шліфувального приладу. При ремонті валків в ремонтних цехах хімічних заводів іноді доводиться вести перешліфовку на місці установки вальців без їх розбирання. Таке рішення скорочує тривалість ремонтного простою, але знижує точність обробки. Для цієї мети на деяких заводах застосовують переносний супорт зі шліфувальним приладом, який встановлюється на плиті вальців. Поздовжня подача приладу здійснюється вручну, валок обертається зі звичайною робочою швидкістю. Шліфування кругом на місці установки укладається в 2 - 3 години.

Ще більш простим способом перешліфовки є приробітка валків (протягом 8-10 год.) з абразивною суспензією при малому зазорі між валками. Ведений валок змочується емульсією, що складається з 70% машинного масла і 30% гасу, і посипається тонким рівним шаром абразиву (наприклад, наждаку), зернистість якого в міру поджима рухомого валка знижується від грубих марок № 1 або № 0, до № 00, і , нарешті, № 0000. В процесі підробітки не допускають нагрівання валків вище температури 70 °.

Бомбіровка може бути досягнута в цьому випадку перекосом рухомого валка щодо нерухомого, спочатку на один край, потім на іншій.

З огляду на значну вагу вальців (до 50 тонн на одну машину) і велику передану ланками приводу потужність (до 150 к.с.) при післяремонтному складанні особливу увагу має бути приділено:

- а) перевірці горизонтальності валків точним рівнем;
- б) перевірці зачеплення шестерень;
- г) перевірці осьового люфту валків;
- д) центрівці вала контрприводу з редуктором або з трансмісією.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 9.1. Охорона праці

#### 9.1.1 Небезпечні й шкідливі виробничі фактори на проектованому виробництві

В даному розділі дипломного проекту розглядаються основні питання охорони праці для умов реконструйованого цеху полівінілхлоридних плівок ПАТ «Тореласт»

Технологічний процес складається з наступних основних стадій:

- просіювання та транспортування ПВХ смоли;
- очистка та транспортування пластифікаторів;
- розвішування сталізаторів, пігментів, наповнювачів та приготування паст;
- дозування паст наповнювачів, стабілізаторів, колера та пластифікаторів;
- приготування ПВХ суміші в змішувальній машині швидкої дії;
- гомогенізація ПВХ суміші;
- розігрівання, листування, гомогенізація ПВХ суміші;
- розігрівання ПВХ пластикату, живлення каландру;
- калібрування плівки, тиснення, охолодження;
- сортування, маркування, упакування готової продукції, основи для печаті.

Все основне і допоміжне обладнання для технологічного процесу передбачається встановити у будівлі цеху. Для виробництва характерні наступні небезпеки:

- пил хімікатів, смоли;
- випарення шкідливих домішок у вигляді етилацетата, складних ефірів ортафталевої кислоти, хлористого водню, флор агента Т-80;
- тепловиділення у вальців і каландру;
- використання теплової та електричної енергії;

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– використання підйомно-транспортного обладнання (електротельфери, електрозавантажувачі).

Характеристика речовин, які використовуються у виробництві ПВХ плівки наведена в табл. 9.1

### 9.1.2. Класифікація й категорійність виробництва і його проєктованих приміщень

Таблиця 9.1 - Характеристика речовин, які використовуються у виробництві ПВХ плівок

Речовина	Загальна характеристика	Щільність т/м <sup>3</sup>	Границя			Характер впливу на людину	ПДК в повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
			Вибуховості	Займання	Самозаймання			
ПВХ смола	Білий однорідний порошок	0,45-0,55	624		500	Токсична, визиває синдром Рейно, ураження печінки	Парів 30 Пилу 6,0	IV
Силікат свинцю	Колір в межах допусків кольору затверджених зразків	0,2		1100°		Токсичний, зміни в нервовій системі, крові, судинах	0,01	I
Титанові білила, двоокис титану	Порошок білого кольору	0,2	Пожежовибухонебезпечний			Фібрози, екзема легенів, малотоксичний	1	II
Крейда збагачена	Порошок білого кольору	0,2	Пожежовибухонебезпечний			Не токсичний	10	IV
Пігмент блакитний	Пігмент відповідного кольору	2	Пило повітря на суміш	970		Помірно токсичний, зміна складу	1,0	II
Дифінілфтанат	Прозора мастильна рідина	при 20° 0,980-1,000		Вище 190°	Вище 190°	Токсичний, діє на нервову систему	1,0	II
Етилацетат	Однорідна мастильна рідина характерним запахом	При 20° 0,948		40	495°	Малотоксичний, дерматит, екземи	10	III
Хлорнарафін	Прозора мастильна рідина	При 20° 1,185-1,235	Важкоспальювальна суміш	210	290	Токсичний, ураження верхньої дихальних шляхів	50	III

2017.021.00.000 ПЗ

Арк.

123

Арк

№ докум.

Підпис

Дата

### 9.1.3. Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

#### Електробезпека

Для живлення електричного обладнання в цеху, що реконструюється, передбачається застосування електричної мережі трифазного електричного струму з ізольованою нейтраллю, робоча напруга 380 - 220 В.

За безпекою поразки електричним струмом виробничі приміщення відносяться до категорії особливо небезпечних, оскільки у виробничих приміщеннях є вогкість і струмопровідна підлога.

Передбачаються наступні основні заходи по захисту обслуговуючого персоналу від поразки електричним струмом:

- всі струмоведучі частини електрообладнання огорожені, кабелі розміщені в металевих трубах і металевих рукавах;
- струмовий і тепловий захист;
- захисне заземлення металевих корпусів електроустановок.

#### Вентиляція виробничих приміщень

Оскільки у виробничих приміщеннях можливі значні тепло- і пиловиділення, то в усіх виробничих приміщеннях передбачається механічна вентиляція (загальнообмінна, локальна, аварійна).

Загальнообмінна вентиляція передбачається припливно-витяжною. Для припливної вентиляції передбачені вентилятори Ц4 - 70, для витяжної – К43-90. Локальна вентиляція у вигляді зонтів передбачається біля дробильно-розмельного обладнання на масозаготівельній ділянці.

В сушильно-пічному відділенні передбачається аварійна витяжна вентиляція з кратністю повітрообміну 6.

										2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
											124
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата							

## Метеорологічні умови

Всі роботи, які здійснюються в цеху, по тяжкості відносяться до категорії фізичних робіт середньої тяжкості – Па, оскільки вони відносяться до робіт, які пов'язані з постійною ходьбою і до робіт, які виконуються стоячи або сидячи, але не потребують переміщення тягарів.

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 передбачаються наступні метеорологічні умови для робочої зони виробничих приміщень:

у холодний період:

- температура 17 – 23 °С ;
- відносна вологість, не більше 75%;
- швидкість руху повітря, не більше 0,3 м/с.

у теплий період:

- температура 17-27 °С;
- відносна вологість, не більше 75%;
- швидкість руху повітря 0,2 – 0,4 м/с.

## Освітлення

Місто Слов'янськ знаходиться в IV поясі світлового клімату, в зоні з нестійким сніжним покривом.

У зв'язку з повною механізацією і частковою автоматизацією технологічного процесу робота персоналу полягає в загальному постійному спостереженні за ходом технологічного процесу і за зоровою характеристикою відноситься до розряду VIII, підрозряду «а».

У виробничих приміщеннях у світлий час доби передбачається природне освітлення, у темний час доби - штучне.

Природне освітлення бічне, стрічкове. Величина нормованого значення коефіцієнта природної освітленості визначається з вираження:

$$e^{IV} = e^{III} \cdot m \cdot c, \quad (9.1)$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						125
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



де  $e^{\text{III}} = 0,3$  - КПО для III пояса;

$m = 0,9$  - коефіцієнт світлового клімату;

$c = 0,8$  - коефіцієнт сонячності клімату.

$$e^{\text{IV}} = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,2$$

Штучне освітлення - загальне за допомогою світильників типу ППД – 200 з лампами накаливання потужністю 200 В. Нормована освітленість 75 лк.

Передбачається аварійне освітлення від автономного джерела живлення, норма освітленості не менш 5 % від рівня загального освітлення.

#### 7.2.5 Шум, вібрація і заходи захисту від них обслуговуючого персоналу

Потенційними джерелами шуму і вібрації у виробництві фарфорових ізоляторів є наступне обладнання:

- насоси;
- вентилятори і димососи;
- дробарки і кульові млини.

Для захисту персоналу передбачаються наступні основні заходи:

- установлення віброактивного обладнання на масивні фундаменти з віброгасильним пристроєм (дробарки, грохоти, млини, вентилятори, насоси);
- застосування шумопоглинальних кожухів на приводах обладнання;
- винесення шумного обладнання в окремі ізольовані приміщення або за межі виробничих приміщень;
- дистанційне управління обладнанням.

#### Пожежна безпека технологічного процесу

Потенційними джерелами пожежі в даному виробництві можуть бути:

- природний газ, що використовується в якості палива;

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						126
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- електрообладнання;
- паливно-мастильні матеріали.

Пожежі можуть виникати за наступними причинами:

- несправність і аварії електрообладнання;
- високі температури ведення технологічного процесу;
- удари блискавки.

Згідно БНтаП 2.09.02-85 приміщення відділення масозаготівельного відділення відноситься до категорії «Д», оскільки в ньому обертаються неспалимі речовини і матеріали в холодному стані.

Приміщення сушильно-пічного відділення відносяться до категорії «Г», оскільки в ньому знаходяться речовини в розпеченому стані і природний газ, що спалюється у вигляді палива.

Промислова будівля виконана зі збірних залізобетонних конструкцій павільйонного типу, одноповерхова висотою 12 і відноситься до II ступеня вогнестійкості за БНтаП 2.01.02-85.

В будівлі обладнання розміщується на робочих площадках. З будівлі цеху є по два евакуаційних виходи з кожного відділення і один прохід між відділеннями. Віддалення робочих місць від евакуаційних виходів не перевищує 30 м.

Згідно ПУЕ виробничі приміщення за пожежонебезпечністю не класифікуються.

#### Засоби гасіння і виявлення пожеж

Передбачені наступні засоби пожежогасіння:

- зовнішній пожежний водопровід з пожежними гідрантами, розташованими по периметру будівлі на відстані 5 м від стін;
- внутрішній пожежний водопровід з пожежними кранами, встановленими на відстані 40 м друг від друга на висоті 1,35 м від підлоги. Довжина пожежних рукавів - 20 м, діаметр - 50 мм;

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						127
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- пожежні щити з протипожежним інвентарем (цебро, багри, лопати і т.д.);
- вогнегасники типу ВХП - 10 і ВВ - 5.

В якості пожежного зв'язку і сигналізації передбачається телефонний і селекторний зв'язок, а також електрична пожежна сигналізація з ручним включенням.

### Захист від блискавки

Інтенсивність грозової діяльності у місті Слов'янську становить 60 - 80 годин на рік. Оскільки будівля має II ступінь вогнестійкості, а виробничі приміщення відносяться до пожежонебезпечних, передбачається III категорія за пристроєм блискавкозахисту.

У відповідності з РД 34.21.122 – 87 очікувана кількість ударів блискавкою на рік в будівлі і споруди складає:

$$N = [(S + 6H) \cdot (L + 6H) - 7,7H^2] \cdot n \cdot 10^{-6},$$

(7.2)

де  $S = 72$  – ширина будівлі цеху, м;

$L = 96$  – довжина будівлі цеху, м;

$H = 13,7$  – висота будівлі цеху, м;

$n = 5,5$  – середньорічна кількість ударів блискавки в  $1 \text{ км}^2$  земної поверхні для м. Слов'янська.

$$N = [(72 + 6 \cdot 13,7) \cdot (96 + 6 \cdot 13,7) - 7,7 \cdot 13,7^2] \cdot 5,5 \cdot 10^{-6} = 0,143$$

Оскільки  $N < 1$ , то необхідний тип зони захисту будівель – зона «Б».

Захист від прямих блискавок буде здійснюватися стрижневими блискавковідводами, які встановлюються на даху.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						128
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

#### **9.1.4. Заходи запобігання шкідливих і небезпечних факторів при ремонті технологічного обладнання**

Передбачається проведення ремонтів і оглядів обладнання відповідно до графіків ПЗР і ППС.

Огляди проводяться щомісяця обслуговуючим персоналом. Перед проведенням ремонту проводиться інструктаж з техніки безпеки з ремонтними бригадами.

При проведенні ремонтних робіт треба дотримуватися загальних заходів безпеки:

- роботи проводяться бригадою в складі не менше двох чоловік з кваліфікацією не менше 4 - 6 розрядів;
- робітники повинні бути забезпечені захисними засобами і запобіжними пристроями;
- роботи повинні вестися при відключеному від електричної мережі і комунікацій та охолодженому до 30 °С обладнанні.

Для зупинки на ремонт, пуску в роботу після ремонту агрегату, працюючого на природному газі, оформляється наряд - допуск з вказівкою осіб, відповідальних за проведення ремонту, а також об'єму та строків виконання робіт.

Зупинка обладнання на ремонт повинна проводитися в певній послідовності.

Нижче приводиться порядок зупинки на ремонт вальців:

- припинення подавання ПВХ суміші;
- звільнення вальців від суміші;
- відключення електричного живлення з вивішування плакату «Не включати!», «Працюють люди»;
- роз'єднання напівмуфти між електродвигуном та приводом вальців;
- охолодження вальців;

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						129
Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

– допуск бригади в роботу здійснюється в зворотному порядку.

При виборі конструкційних матеріалів враховувалось, що основне технологічне обладнання буде працювати в умовах, які потребують підвищеної механічної міцності, так як повинно сприймати максимальні розпірні зусилля, які виникають при переробці сировини, що використовується при виробництві ПВХ плівки. Це відноситься до вальців, фарботерок і каландру французької фірми «Ріпеке». На цьому обладнанні здійснюється перетирання фарбників з пластифікатором листування ПВХ суміші та каландрування плівки.

Для захисту від корозії обладнання та комунікації покриваються емалями та мастильними фарбами.

Герметичність обладнання забезпечується використанням фланцевих з'єднань з ущільненням з пароніту та гуми.

В реконструйованому виробництві передбачені наступні засоби запобіжної техніки:

- огороди оберտальних та рухаючих частин обладнання кожухами;
- дробини, оглядові площадки та монтажні пройми мають перила висотою 1 м з відбортовкою 0,15 м;
- обмежувачі пійому та гальмівні пристрої мають кранбалка та електротельфери;
- звукова та світлова сигналізація для контролю за роботою обладнання.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						130
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 9.2.1. Організаційна структура цивільної оборони виробництва полівінілхлоридних плівок

Система цивільної оборони суб'єкта господарської діяльності будується на основі Закону України "Про цивільну оборону України", "Положення про цивільну оборону України" та інших нормативно-правових актів з метою захисту робітників, службовців і населення, яке мешкає у відомчому житловому фонді або попадає у зону ураження від об'єкта, від НС техногенного, природного та соціально-політичного характеру, яка включає органи управління, сили і засоби, що створюються для організації та забезпечення захисту робітників, службовців та населення, попередження і ліквідації наслідків НС, та організовується за територіально-виробничим принципом.

Керівництво цивільною обороною відповідно до принципу її побудови здійснює адміністрація підприємства, установи або організації. Начальником цивільної оборони є керівник адміністрації суб'єкта господарської діяльності.

#### **Завданнями Цивільної оборони України є:**

- запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження і здійснення заходів, спрямованих на зменшення збитків і втрат у разі аварій, катастроф, вибухів, великих пожеж та стихійного лиха;
- оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і воєнний час та постійне інформування про наявну обстановку;
- захист населення від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха та від небезпеки у воєнний час;
- організація і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у районах лиха й осередках ураження;
- створення систем аналізу і прогнозування, управління, оповіщення і зв'язку, спостереження і контролю за радіоактивним, хімічним і

										Арк.
										131
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

бактеріологічним зараженням, підтримання їх у готовності до функціонування у надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часу;

- підготовка і перепідготовка керівного складу, органів управління та сил ЦО;

- навчання населення правил застосування засобів індивідуального захисту і поведіння в надзвичайних ситуаціях.

### 9.2.2. Основні техногенні небезпеки на об'єкті

Основними шкідливостями на даному підприємстві є:

- пил (пегматиту, польового шпату, доломіту, піску, каоліну, черепа, глини);
- несприятливі метеорологічні умови на окремих робочих місцях (надлишкове тепловиділення);
- шум і вібрація.

Пил речовин, що використовуються у виробництві полівінілхлоридних плівок, подразнює слизові оболонки верхніх дихальних шляхів людини та за ступенем впливу на організм людини відноситься до 4-го класу (малонебезпечні речовини). ГДК нетоксичного пилу в повітрі робочої зони виробничих приміщень не повинна перевищувати  $10 \text{ мг/м}^3$ , а при вмісті в ній кварцу в кількості понад 10 % – до  $2 \text{ мг/м}^3$ .

Виробництво полівінілхлоридних плівок, за санітарною кваліфікацією, згідно СН 245-71 відноситься до IV класу, ширина санітарно-захисної зони складає 100 м.

### 9.2.3. Індивідуальні й колективні засоби захисту

Фарбування приміщень і обладнання. Сигнальні кольори і знаки безпеки

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						132
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Передбачається фарбування виробничих приміщень у наступні кольори:

- стелі – у білий;
- стіни – у світло-сірий;
- дробильно-розмелене обладнання – у кремовий;
- вантажопідйомні механізми і транспортери – у жовтий з чорними смугами;
- насосно-компресорне обладнання – у зелений.

Фарбування основного обладнання передбачається в салатний колір.

Матеріальні трубопроводи передбачається пофарбувати в наступні кольори:

- пари – у червоний;
- мастила – у коричневий;
- води – у зелений;
- природного газу – в жовтий.

В цеху передбачається розмітка руху в виробничих приміщеннях і використання забороняючих, попереджуючих, розпорядчих і вказівних знаків безпеки у відповідності до ГОСТ 12.4.026 – 7511.

Організаційні заходи по попередженню виробничого травматизму

До роботи в цеху допускаються особи чоловічої і жіночої статі у віці не молодше 18 років, які придатні по стану здоров'я, пройшли інструктажі і навчання, допущені до самостійної роботи.

Періодичність професійних медичних оглядів - один раз на рік.

У зв'язку зі шкідливими умовами праці передбачається видача молока.

Спецодяг, спецвзуття. Індивідуальні захисні засоби

Передбачається забезпечення основного персоналу наступним спецодягом, спецвзуттям, захисними засобами:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						133
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



- бавовняний костюм;
- робочі черевики;
- брезентові рукавиці;
- каска з навушниками типу ВЦН;
- окуляри захисні;
- респіратори протипилові типу «Пелюсток»;
- протишумові вкладиші.

Санітарно - побутове і медичне обслуговування робітників.

#### Питне водопостачання

Відповідно до БНтаП 2.09.04 – 87 приміщення цеху відноситься до групи Іа виробничих процесів, оскільки виробничі процеси здійснюються при несприятливих метеорологічних умовах (надлишки явного тепла, в основному конвекційного).

Масозаготівельне відділення відноситься до групи Іб виробничих процесів, оскільки є присутнім пил малотоксичних речовин, який викликає забруднення рук, спеціального одягу, а в окремих випадках і тіла.

Санітарно-побутові приміщення передбачається розташувати в окремій адміністративно-побутовій будівлі. Передбачається наступний склад санітарно-побутових приміщень:

- гардеробні домашнього і робочого одягу;
- душові і переддушові;
- умивальні;
- туалетні;
- кімната особистої гігієни жінок;
- кімнати відпочинку і прийому їжі;
- медпункт.

В виробничих і санітарно-побутових приміщеннях передбачаються аптечки першої допомоги і носилки.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						134
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

В усіх виробничих приміщеннях передбачаються фонтанчики з питною водою, а в сушильно-пічному відділенні додатково встановлюються сатуратори з газованою водою.

## 10 ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ

Технологічний процес поділяється на ряд операцій приготування колера, приготування пластикату, каландрування плівки, тиснення та охолодження.

Всі ці операції виконуються по різноманітним відділенням:

- відділення приготування колера;
- відділення пластикації;
- відділення каландрування.

В указаних вище відділеннях можливе випарення розчинників, пластифікаторів, пегментів, виділення різноманітних шкідливих домішок. Очищення шкідливих викидів, які містять токсичні речовини, які є невикористованими вимогами, які пред'являються до всіх підприємств.

### 10.1 Відходи, що утворюються, на виробництві полівінілхлоридних плівок

В процесі виготовлення полівінілхлоридного плівкового матеріалу утворюються відходи виробництва. Відходи у вигляді вибракованих шматків плівки з дефектами (складки, царапини), обрізаних кромок та листів пластикату з вальців в чистому вигляді повертаються на розігрів альні вальці та перероблюються в повноцінну продукцію кольорової плівки, яка випускається.

Відходи плівки зі сторонніми включеннями (папір, дерево), залишки кромок та «хвіст» при переході з кольора на колір, кромки жорсткої плівки різнотон від баченого розкладення ПВХ суміші та інші, складається в

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						135
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціально відведеному місці та по мірі накопичення перероблюється для упакування.

Загальна кількість відходів для переробки на плівку для упакування складає не більше 1% від загальної маси ПВХ суміші.

## 10.2 Вплив на здоров'я людини

ПВХ слаботоксична речовина. Продукти розкладання викликають подразнення верхніх дихальних шляхів і слизових оболонок ока. ГДК в повітрі виробничих приміщень 6 мг/м<sup>3</sup>. Пил, що осів пожежонебезпечний. При нагріванні вище 150 ° С починається деструкція полімеру з виділенням хлористого водню і окису вуглецю, шкідливо діючих на організм людини.

ПВХ аморфний матеріал, властивості якого сильно залежать від методу отримання. ПВХ отримують суспензійним, емульсійним методами, полімеризацією в масі - блоковим методом.

Суспензійний ПВХ або ПВХ С (PVC-S) має порівняно вузький молекулярно-масовий розподіл, малу ступінь розгалуженості, більш високу ступінь чистоти, низьке водопоглинання, хороші діелектричні властивості, кращу термостійкість і світлостійкість.

Емульсійний ПВХ або ПВХ Е (PVC-E) характеризується широким молекулярно-масовим розподілом, високим вмістом домішок, високим водопоглинанням, гіршими діелектричними характеристиками, гіршої термостійкістю і світлостійкістю.

Максимальна температура тривалої експлуатації: 60 °С. FPVC (пластифікований) витримує охолодження до -60 -3 ° С, RPVC - до -15 ° С. Температура склування: 70 - 105 °С. Має широкий розкид механічних характеристик. FPVC - еластичний матеріал. RPVC має високу міцність і жорсткість.

									2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
										136
	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						



неможливо, так як робоча поверхня вальців – валки, повністю відкриті, що і є головним недоліком машини.

Змішувальна машина швидкої дії в цьому відношенні є найбільш вигідною, так як змішування смоли з колером здійснюється всередині машин, які закриті кришками. Тому тут не відбувається ніяких пароутворень.

Пилування на цеховому складі сировини очищується за допомогою пилоуловлювальної камери. На складі біля ваг встановлено дві панелі. Через які запилене повітря відсисається за допомогою повітряного та через пиловловлюючу камеру очищується за допомогою касетного фільтру, а потім викидається в атмосферу вже очищене повітря.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						138
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 11. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 11.1 *Проектовані організаційно–технічні заходи*

Для забезпечення заданої продуктивності були вальці, які мають ряд переваг: довгий термін експлуатації, високу якість, економічність, простота монтажу, демонтажу, налагодження і роботи, високу продуктивність

### 11.2 *Загальна характеристика проєктованих заходів*

Початкові дані.

За базу порівняння прийняті дані виробництва на підприємстві ПАТ «Тореласт».

Таблиця 11.1 - Показники виробництва ПВХ плівок, що діє, на підприємстві ПАТ «Тореласт».

Показник	Од. вим.	Значення
Виробнича потужність на виробництві, що діє	млн. м <sup>2</sup>	24
Проектна виробнича потужність		26
Вартість основних виробничих фондів	грн.	2898514,6
у тому числі:		
машини і устаткування		892458,5
будівлі, споруди передавальні пристрої		2056048,2
Спільна чисельність персоналу	осіб	270
у тому числі:		
керівники		25
фахівці		18
службовці		10
основні робітники	217	
Ціна 1 тонни продукції	грн. / м <sup>2</sup>	250

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		139

Таблиця 11.2 - Графік планово-попереджувальних ремонтів на проєктованому виробництві.

Вид ремонту	Нормативний ресурс, годин	
	Між ремонтами	У ремонті
Капітальний	8640	336
Поточний	3600	48

Таблиця 11.3 - Витрати на виробництво ПВХ плівки.

Найменування статті витрат	Од.вим	Витрати на одиницю продукції	Витрати на весь випуск
Сировина і матеріали:	грн.	415,12	622680000
Допоміжні матеріали	грн.	0,06	90000
Енерговитрати	грн.	101,6	152400000
Енерговідходи	грн.	1,93	5587350
Зарплата основна	грн.	7,56	11340000
Витрати на ремонт, утримання і експлуатацію устаткування	грн.	37,10	55650000
Загальновиробничі витрати	грн.	28,93	43395000
Загальногосподарські витрати	грн.	7,8	11700000
Виробнича собівартість	грн.	600,1	900150000

### 11.3. Розрахунок річної виробничої потужності

Річну виробничу потужність визначаємо по формулі:

$$M_r = N \cdot g_{\text{ч}} \cdot T_{\text{эф}}, \quad (11.1)$$

де  $M_r$  – величина річної виробничої потужності;

$N$  – кількість паралельно працюючих однойменних одиниць устаткування;

$g_{\text{ч}}$  – годинна продуктивність устаткування;

$T_{\text{эф}}$  – ефективний фонд робочого часу, г.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		140

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{к}} - T_{\text{рем}} - T_{\text{техн}} \quad (11.2)$$

де  $T_{\text{к}} = 8760$  ч – фонд календарного часу;

$T_{\text{рем}}$  – планова сумарна тривалість простоїв протягом року;

$T_{\text{техн}}=0$  – тривалість технологічних простоїв, що регламентується, за рік.

$$T_{\text{рем}} = \sum_{\Gamma}^m n_{\Gamma} \cdot t_{\text{рем}}, \quad (11.3)$$

де  $m$  – кількість видів ремонтів в міжремонтному циклі;

$n_{\Gamma}$  – кількість кожного виду ремонтів за рік;

$t_{\text{рем}}$  – планова тривалість простою в кожному виді ремонтів.

Кількість капітальних ремонтів:

$$n_{\text{к}} = \frac{8760}{8640} = 1 \text{ капітальний ремонт на рік}$$

Кількість поточних ремонтів:

$$Z = \frac{T_{\text{Р.Ц.}}}{T_{\text{М.Р.ц}}} - 1 = \frac{8640}{3600} - 1 = 1,5$$

$$n_{\text{T}} = \frac{T_{\text{кал}} \cdot Z}{T_{\text{Р.Ц.}}} = \frac{8760 \cdot 1,5}{8640} = 1,5 \text{ поточних ремонтів в рік}$$

$$T_{\text{рем}} = 6 \cdot 48 + 6 \cdot 312 = 348 \text{ годин}$$

$$T_{\text{еф}} = 8760 - 348 = 8412 \text{ годин}$$

$$M_{\Gamma} = 1 \cdot 3090,8 \cdot 8412 = 26000000 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Річний обсяг проектованого виробництва приймаємо на рівні розрахункової річної виробничої потужності:

$$Q_1 = M_{\Gamma}, \quad (11.4)$$

$$Q_1 = 26000000 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Індекс обсягу випуску продукції

$$I_Q = I_{\text{T}_{\text{вб}}} \cdot I_{\text{q}} = \frac{Q_1}{Q_0} \quad (11.5)$$

$$I_Q = \frac{26000000}{24000000} = 1.08$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		141



тоді

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0 \quad (11.6)$$

або

$$\Delta Q = (I_Q - 1) \cdot 100 \% \quad (11.7)$$

$$\Delta Q = (1,08 - 1) \cdot 100 \% = 8 \%$$

Розрахунок одноразових витрат на впровадження проектованих заходів.

Розрахунок кошторисної вартості впроваджуваного устаткування водимо в таблиці 11.4–11.5.

Таблиця 11.4 – Прейскурантна вартість впроваджуваного устаткування.

Найменування устаткування	Кількість одиниць	Прейскурантна вартість одиниці, грн./шт.	Всього прејскурантна вартість
Вальці	1	120000	120000
Разом			120000

Таблиця 11.5 – Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування.

Найменування устаткування	Прейскурантна вартість одиниці, грн./шт.	Додаткові витрати		Всього кошторисна вартість
		Транспортні витрати	Монтаж і установка	
Вальці	120000	5600	7250	132850
Разом				

Вартість устаткування, що виводиться, складає 140500 грн.

$$\Delta S_{06} = (140500 - 132850) = 7650 \text{ грн.}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		142

#### 11.4. Аналіз зміни собівартості продукції

Обґрунтування і розрахунок індексів зміни витрат.

З урахуванням проведення упроваджуваних заходів проводимо розрахунок індексів зміни витрат.

Витрата всіх видів матеріально – сировинних і енергетичних ресурсів в порівнянні з виробництвом, що діє, не змінився, отже, їх індекси зміни дорівнюють одиниці.

Одиниці також дорівнюють індекси зміни річних витрат по оплаті праці основних робітників, індекс зміни цехових витрат.

Індекс зміни річних витрат на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування, в т.ч. амортизація на повне відновлення, приймаємо рівним індексу зміни вартості устаткування при впровадженні заходів:

$$I_{рем} = I_{об} = \frac{S_{об(0)} \pm \Delta S}{S_{об(0)}}, \quad (11.8)$$

де  $I_{рем}$  – індекс зміни річних витрат на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування, в т.ч. амортизація на повне відновлення;

$S_{об(0)}$  - первинна вартість устаткування на виробництві, що діє:

$S_{об(0)} = 150500$  грн.;

$\Delta S_{об}$  - величина зміни вартості устаткування в проектованому виробництві

$$I_{рем} = I_{об} = \frac{150500 + 7650}{150500} = 1,05$$

Аналіз зміни собівартості продукції.

Розрахунок вироблюваний по калькуляційних статтях з урахуванням зміни їх окремих елементів.

По статтях калькуляції “Сировина і основні матеріали”, “Допоміжні матеріали” і “Енерговитрати” зміна повної собівартості дорівнює нулю.

Зміна собівартості по статті «Оплата праці основних робітників».

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						143
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta C_{онл} = 100 \cdot \left( \frac{I_{ом}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.9)$$

$$\Delta C_{онл} = 100 \cdot \left( \frac{1}{1,08} - 1 \right) \cdot 0,0142 = -0,023\%$$

Зміна собівартості по статті «Витрати на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування» розраховуємо по формулі:

$$\Delta C_{рем} = 100 \cdot \left( \frac{I_{об}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.10)$$

$$\Delta C_{рем} = 100 \cdot \left( \frac{1,07}{1,05} - 1 \right) \cdot 0,062 = -0,30\%$$

Зміна повної собівартості по статті «Загальновиробничі витрати»

$$\Delta C_{ц} = 100 \cdot \left( \frac{I_{ц}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.11)$$

$$\Delta C_{ц} = 100 \cdot \left( \frac{1}{1,05} - 1 \right) \cdot 0,048 = -0,94\%$$

Зміна повної собівартості по статті «Загальногосподарські витрати»

$$\Delta C_x = 100 \cdot \left( \frac{I_x}{I_Q} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.12)$$

$$\Delta C_x = 100 \cdot \left( \frac{1}{1,05} - 1 \right) \cdot 0,013 = -0,025\%$$

Підводимо підсумок сумарної зміни собівартості продукції. Результати зводимо в таблицю 11.6

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						144
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.6 – Зниження собівартості продукції.

Статті витрат	Витрати на виробництві, що діє		Зміна витрат		Витрати на проєктованому виробництві, грн/т
	грн/т	пит. вага	%	грн/т	
Сировина і матеріали, напівфабрикати і поворотні відходи	415,12	0,69	0	0	415,12
Допоміжні матеріали	0,06	0,0009	0	0	0,06
Енерговитрати і енерговідходи	103,53	0,172	0	0	103,53
Зарплата основна (з відрахуваннями)	7,56	0,012	-0,023	-0,087	7,47
Витрати на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування	37,10	0,062	-0,30	-0,25	36,85
Загальновиробничі витрати	28,93	0,048	-0,94	-0,47	28,46
Загальногосподарські витрати	7,8	0,13	-0,25	-0,089	7,7
<b>Виробнича собівартість</b>	<b>600,1</b>	<b>1</b>	<b>-0,075</b>	<b>-1,52</b>	<b>598,6</b>

### 11.5. Розрахунок техніко-економічних показників

Обсяг випуску продукції:  
на базовому виробництві

$$Q_0 = 24000000 \text{ м}^2/\text{рік.}$$

або

$$Q_0 = 24000000 \cdot 250 = 516250000 \text{ грн.}$$

										Арк.
										145
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.021.00.000 ПЗ					

на проектованому виробництві

$$Q_1 = 26000000 \text{ м}^2/\text{рік}$$

або

$$Q_1 = 26000000 \cdot 250 = 532500000 \text{ м}^2/\text{рік}.$$

де 250 грн. – ціна за 1 м<sup>2</sup> продукції.

На виробництві працюють всього 270 осіб, у тому числі основних робітників 217 осіб.

Продуктивність праці основних робітників визначаємо по формулі:

$$P_T = \frac{Q}{N_{\text{осн}}}, \quad (11.13)$$

на базовому виробництві:

$$P_{TO} = \frac{516250000}{217} = 2379032 \text{ грн. / осіб}$$

на проектованому підприємстві:

$$P_{T1} = \frac{532500000}{217} = 2453917 \text{ грн. / осіб}$$

Фондовіддачу визначаємо по формулі:

$$f = \frac{Q}{\Phi_{\text{осн}}}, \quad (11.14)$$

де  $\Phi_{\text{осн}}$  – вартість основних виробничих фондів

$$\Phi_{\text{осн}(0)} = 2898514,6 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{\text{осн}(1)} = 2913816,5 \text{ грн.}$$

на базовому виробництві:

$$f = \frac{516250000}{2898514,6} = 178,1 \text{ грн / грн}$$

на проектованому підприємстві:

$$f = \frac{532500000}{2913816,5} = 182,7 \text{ грн / грн}$$

Собівартість одиниці продукції:

на базовому виробництві:

$$C_0 = 600,1 \text{ грн/т}$$

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						146
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на проектованому підприємстві:

$$C_1=592,4 \text{ грн/т}$$

Прибуток на одиницю продукції:

на базовому виробництві:

$$П_0 = 250-600,1=2899,9 \text{ грн/т}$$

на проектованому підприємстві:

$$П_1= 250-592,4=2907,6 \text{ грн/т}$$

Рентабельність витрат на виробництві:

$$P = \frac{П}{C} \cdot 100\%, \quad (11.15)$$

де  $П$  – умовний прибуток на одиницю продукції, грн/т;

$С$  – собівартість, грн/т.

на базовому виробництві:

$$P_0 = \frac{2899,9}{600,1} \cdot 100\% = 48,32\%$$

на проектованому підприємстві:

$$P_1 = \frac{2907,6}{592,48} \cdot 100\% = 49,08\%$$

Річний прибуток:

$$П_r = Q \cdot П \quad (11.16)$$

на базовому виробництві:

$$П_{r0} = 24000000 \cdot 2899,9=4277352500 \text{ грн.}$$

на проектованому підприємстві:

$$П_{r1} = 26000000 \cdot 2907,6=4361400000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від зниження собівартості:

$$E_r = \Delta C \cdot Q_1 \quad (11.17)$$

де  $\Delta C$  – зміна собівартості, грн/т

$$\Delta C = C_0 - C_1, \quad (11.18)$$

$$\Delta C = 600,1 - 592,4 = 7,7 \text{ грн/т}$$

$$E_r = 7,7 \cdot 26000000 = 11550000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від збільшення прибутку:

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						147
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{г.приб} = \Pi_1 \cdot Q_1 - \Pi_0 \cdot Q_0 \quad (11.19)$$

$$E_{г.приб} = 2907,6 \cdot 26000000 - 2899,9 \cdot 24000000 = 78047500 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 11.7

Таблиця 11.7 - Техніко – економічні показники

Показники	од.виміру	базове	проектоване	зміна показника	
				абс.	%
1. Річний обсяг виробництва продукції					
у натуральному виразі	м <sup>2</sup>	24000000	26000000	2000000	7,6
у вартісному виразі	млн.грн.	6000	6500	500	7,6
2. Річна собівартість виробництва продукції	млн.грн.	885,1	888,6	3,5	3,1
3. Річний прибуток від виробництва продукції	млн.грн.	4277	4361	84	1,9
4. Ціна одиниці продукції	грн./м <sup>2</sup>	250	250	-	-
5. Собівартість одиниці продукції	грн/м <sup>2</sup>	600,1	592,4	-7,7	-1,3
6. Прибуток на одиницю продукції	грн. /м <sup>2</sup>	2899,9	2907,6	7,7	0,26
7. Рентабельність витрат на виробництво продукції	%	48,32	49,08	0,76	-

										Арк.
										148
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.021.00.000 ПЗ					

8. Вартість основних виробничих фондів	млн.грн.	2898	2913	15	0,51
9. Фондовіддача	грн/грн	178,1	182,7	4,6	
10. Рентабельність основних виробничих фондів	%	69,1	73,2	4,1	
11. Чисельність персоналу, у т.ч. основних робітників	осіб	270	270	0	0
	осіб	217	217	0	0
12. Фонд оплати праці	млн.грн.	1,620	1,732	-	-
13. Продуктивність праці основних робітників	м <sup>2</sup> /особа	6797	6912	115	1,6
14. Економічний ефект, у т.ч. від зниження собівартості продукції	грн.	78047500			
		11550000			
15. Строк окупності капітальних витрат	років		1,7		

Розрахунки показують, що введені заходи є економічно ефективними. Річний економічний ефект складає 78047500грн.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						149
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті дано опис технологічної схеми виробництва, наведено перелік основного та допоміжного обладнання. Виконані матеріальні розрахунки виробництва у відповідності з якими обрано основне та допоміжне технологічне обладнання, наведена його технічна характеристика.

При виконанні будівельної частини поетка виконане обґрунтування будівельних норм та рішень.

Розраховані вальці, які забезпечують змішування, пластифікацію, розігрівання та листування пластичних мас, які використовуються для виробництва ПВХ плівок. Різниця в окружних швидкостях валків вальців призводить до того, що стрічка матеріалу, яка виходить з валків під дією сил тертя заднього валка, який обертається з більшою швидкістю, відхиляється в бік переднього валка та налипає на його поверхню.

Розроблені заходи по охороні праці, наведено перелік шкідливостей виробництва, визначені шляхи евакуації робочих в випадку аварій або несправності.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		150

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Факторович Ю. Д. Оборудование промышленности искусственных кож и питлогибх материалов. Справочник. – М.: Легпромбытиздат, 1986.
- 2 Евдокимов В.В. Оборудование и механизация предприятий пленочных материалов и искусственных кож. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 216 с.
- 3 Паспорт экструдера для ПВХ – композиций ЕНС 1.125.25 – 204/153.8 LF Германия, Шверин, 1985. – 24 с.
- 4 Чернобыльский И.И. и др. Машины и аппараты химической промышленности. – М.: Машгиз, 1962. – 321 с.
- 5 Иванов М.И. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1984. – 301 с.
- 6 Чернявский С.А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 404 с.
- 7 Гузенков П.Г. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1986. – 166 с.
- 8 Мякков В.Д. Краткий справочник конструктора. – Л.: Машиностроение, 1975. – 324 с.
- 9 Агеркан Н.С. Справочник машиностроения, Том 4, кн. 1. – М.: Машиностроение, 1962. – 198 с.
- 10 Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет проектирования и обслуживания опор. Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 421 с.
- 11 Алурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя, кн. 1. – М.: Машиностроение, 1973. – 198 с.
- 12 Алурьев А.И. Справочник конструктора – машиностроителя, кн. 2. – М.: Машиностроение, 1973. – 200 с.
- 13 Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 223 с.
- 14 Писаренко Г.С. и др. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев.: Наукова думка, 1988. – 400 с.
- 15 Иванов М.И. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1984. – 254 с.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		151

16 Агеркян К.С. Справочник машиностроителя, тв. – М.:  
Машиностроение, 1964. – 406 с.

17 Овчаров Б.З. Мамот Д.И. Детали машин, Харьков, УЗПИ, 1988.

18 СН и П 4-79 Естественное и искусственное освещение. – М.:  
Стройиздат, 1990. – 48 с.

19 СН и П 2.09.04-87 Административные и бытовые здания. – М.:  
Стройиздат, 1988. – 16 с.

20 СН и П 2.09.02 – 85 Производственные помещения. – 1986. – 12 с.

21 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства тушения:  
Справ. – 1990 – 384 с.

					2017.021.00.000 ПЗ	Арк.
						152
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		