

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут
матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона
Кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій БОГОМОЛ

«__» _____ 2024 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
спеціальності 132 «Матеріалознавство»
на тему: « Виробництво магнітопроводів для високих частот »**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ФН-01

Глушко Вікторія Володимирівна _____

Керівник:

доктор технічних наук, професор

Мініцький Анатолій В'ячеславович _____

Консультант з економічно-організаційного розділу:

доцент, к. е. н., доцент

Нараєвський Сергій Вікторович _____

Консультант з охорони праці:

професор, д. т. н., зав. кафедри ОППЦБ

Левченко Олег Григорович _____

Нормоконтроль:

доцент, к. т. н., доцент,

Бірюкович Ліна Олегівна _____

Рецензент:

проф. кафедри ФМТО, д.т.н, доцент

Лоскутова Тетяна Володимирівна _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2024 року

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: « Виробництво магнітопроводів для високих
частот »

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут
матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона
Кафедра високотемпературних матеріалів та
порошкової металургії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій БОГОМОЛ

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Глушко Вікторії Володимирівні

1. Тема проєкту « Виробництво магнітопроводів для високих частот », керівник проєкту Мініцький Анатолій Вячеславович доктор технічних наук, професор, затверджені наказом по університету від 30.05.2024 р., No 2210-С.

2. Термін подання студентом проєкту 14.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту. Аналіз та розробка виробів з магнітно-м'яких матеріалів, визначити основні критерії виготовлення деталей, з магнітно-м'яких матеріалів, з більш високими техніко-економічними показниками. Методи виготовлення деталей повинні забезпечувати високі властивості електротехнічного призначення, що працюють у постійних та змінних полях.

4. Зміст пояснювальної записки. Провести аналіз та обрати матеріал і схему технологічного процесу. Розрахунок і складання матеріального балансу, вибір ті розрахунок кількості обладнання. Розрахувати електроенергетичні витрати на виробництво осердя. Розрахунок та визначення організаційно-економічних показників. Оцінка та розробка заходів нормалізації небезпечних та шкідливий виробничих факторів.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Апаратурна-технологічна схема, креслення пресу, план ділянки, техніко економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний	Нарасвський С.В., доцент	06.06.2024	08.06.2024
Охорона праці	Левченко О.Г., професор	04.06.2024	06.06.2024

7. Дата видачі завдання 10.04.2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Літературний пошук. Вибір матеріалу для виготовлення втулок ковзання	15.04-19.04	
2	Вибір та обґрунтування матеріалу	22.04-26.04	
3	Вибір технологічного процесу та його опис	29.04-03.05	
4	Матеріальні розрахунки. Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання.	06.05-10.05	
5	Розробка будівельного розділу	13.05-15.05	
6	Розробка спеціального розділу	16.05-24.05	
7	Розробка розділу з охорони праці	04.06-06.06	
8	Розробка організаційно-економічного розділу	06.06-8.06	
9	Виконання графічної частини проєкту	08.06-13.06	
10	Оформлення дипломної записки	13.06-15.06	

Студент

Вікторія ГЛУШКО

Керівник

Ананолій МІНЦЬКИЙ

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт містить 101 сторінки, 9 рисунків, 28 таблиць, 19 літературних джерел.

КАРБОНІЛЬНЕ ЗАЛІЗО, МАГНІТОДІАЛЕКТРИК,
МАГНІТОПРОВОДИ, ПОРОШКОВІ МАГНІТНІ МАТЕРІАЛИ,
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Мета роботи: Розробка технологічного процесу виготовлення магнітопроводів для високих частот.

У дипломному проєкті проаналізовано та обрано матеріали і схему технологічного процесу виготовлення магнітопроводів. Визначено актуальність виробу. На основі цих даних розраховано та складено матеріальний баланс, а також вибрано і розраховано кількість обладнання, необхідного для виробництва.

Встановлено, що найкращим матеріалом для виготовлення магнітопроводів для високих частот є карбонільне залізо з епоксидною смолою. Процес включає мокре змішування з ацетоном, просіювання через сито та подальше тепле пресування з тиском 600-800 МПа і температурою 120-180°C.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ				
Розроб.		Глушко В.В.							
Перевір.		Бірюкович Л.О.							
Реценз.									
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.							
Затверд.		Богомол Ю. І.							
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						6			
					НТУУ«КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-з21мп				

ABSTRACT

The diploma project contains 101 pages, 9 figures, 28 tables, and 19 references.

CARBONYL IRON, MAGNETODIELECTRIC, MAGNETIC CORES, POWDERED MAGNETIC MATERIALS, TECHNOLOGICAL PROCESS, WARM PRESSING.

Objective: Development of the technological process for the production of high-frequency magnetic cores.

In this diploma project, materials and the technological process scheme for the production of magnetic cores were analyzed and selected. The relevance of the product was determined. Based on these data, the material balance was calculated and compiled, and the quantity of equipment needed for production was selected and calculated.

It was established that the best material for the production of high-frequency magnetic cores is carbonyl iron with epoxy resin. The process includes wet mixing with acetone, sieving through a screen, and subsequent warm pressing at a pressure of 600-800 MPa and a temperature of 120-180°C.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT					
Розроб.	Глушко В.В.									
Перевір.	Бірюкович Л.О.									
Реценз.										
Н. Контр.	Бірюкович Л.О.									
Затверд.	Богомол Ю. І.									
					Літ.		Арк.	Аркушів		
							7			
					НТУУ«КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-321мп					

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
1.1 Вибір і обґрунтування технологічного процесу	13
1.1.1 Вибір матеріалу	13
1.1.2 Вибір схеми технологічного процесу	20
1.2 Опис технологічного процесу	24
1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції в технічних умовах на неї.....	24
1.2.2 Обґрунтування вибору основних видів сировини	26
1.2.3 Опис технологічних операцій	28
1.3 Розрахунок і складання балансу матеріалів	30
1.4 Вибір і розрахунок кількості обладнання	36
2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ	45
2.1 План розміщення обладнання.....	45
2.2 Будівельні розміри та планування.....	46
2.3 Будівельні матеріали та конструкції.....	47
2.4 Капітальне вкладення в будівництво.....	48
2.5 Енергетичне забезпечення.....	50
2.6 Організація будівельних робіт.....	50
2.7 Технічне забезпечення та безпека.....	51
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	53
3.1 Розрахунок розмірів прес-форми для виготовлення втулки.....	53

					ФН-з21мп.????4230.0002.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Глушко В.В.			ЗМІСТ		
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О..					
Затверд.		Богомол Ю. І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						8	
					НТУУ«КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-з21мп		

3.2	Розрахунок формуючих розмірів пресовки.....	53
3.3	Розрахунок розмірів матриці.....	54
3.4	Розрахунок висоти матриці.....	54
3.5	Розрахунок висоти пуансонів.....	54
3.6	Формування бурта.....	55
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	58
4.1	Загальна характеристика виробничої ділянки.....	59
4.2	Аналіз параметрів мікроклімату.....	61
4.3	Аналіз освітлення.....	62
4.4	Шум та вібрація.....	62
4.5	Аналіз загазованості та запиленості.....	63
4.6	Електробезпека.....	64
4.7	Пожежна безпека.....	65
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	67
5.1	Енергетичний розділ.....	67
5.2	Розрахунок чисельності виробничих робітників	71
5.3	Визначення фонду заробітної плати.....	74
5.4	Розрахунок продуктивності праці	79
5.5	Розрахунок капітальний вкладень.....	79
5.6	Визначення планової собівартості одиниці продукції.....	83
5.6.1	Розрахунок витрат на сировину і матеріали.....	84
5.6.2	Витрати на паливо та енергію.....	85
5.6.3	Оновна та додаткова заробітна плата.....	86
5.6.4	Єдиний соціальний внесок.....	87
5.6.5	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування.....	87
5.6.6	Загальновиробничі та загальногосподарські витрати.....	88

5.6.7 Втрати внаслідок технічно неминучого браку та інші виробничі витрати.....	89
5.6.8 Адміністративні витрати.....	89
5.6.9 Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва.....	90
5.6.10 Позавиробничі витрати на збут продукції.....	90
5.6.11 Складання планової калькуляції собівартості продукції.....	91
5.7 Оцінка ефективності проектних рішень.....	92
ВИСНОВКИ	96
CONCLUSIONS	97
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	98

ВСТУП

Порошкова металургія (ПМ) – одна із нових і перспективних галузей розвитку промисловості. На даний момент методами порошкової металургії виготовляють: тугоплавкі матеріали, тверді сплави, фрикційні та антифрикційні матеріали, магнітні матеріали, електрохімічні сплави, і таке інше. Ці матеріали відрізняються від матеріалів отриманих методом лиття, тим що мають ряд кращих властивостей. Так методом порошкової металургії можна отримувати нові матеріали із заданими властивостями, різними ступенями складності, без додаткової механічної обробки. Також при цьому зменшуються температури процесів отримання виробів, так як вони не перевищують температуру плавлення основного компоненту. Це дає можливість отримувати нові матеріали, які можуть витримувати високі швидкості руху, стійкість до агресивних середовищ, високу корозійну стійкість, та інше. Ці та інші вимоги з'являються в таких галузях техніки як атомна, авіаційна, енергетична, машинобудівна, електротехніка. .

Головною особливістю ПМ є те що виробництво майже безвідхідне, тобто втрати матеріалу зводяться до 5-10 %, в той час як при використанні методів литва з наступною механічною обробкою, втрати матеріалу становлять 50-70 %.

Однією із галузей промисловості де застосовується деталі, виготовлені методом порошкової металургії, є радіо технічна промисловість . Головною метою якої є заміна кольорових металів, та збільшення робочої здатності деталі. Основна форма деталей має III–IV групу складності, що зобов'язує при стандартних методах виготовлення(лиття та прокат) застосовувати цілий ряд механічної обробки. У свою чергу методи порошкової металургії дозволяють отримати ці самі деталі, з мінімальною механічною обробкою, або і взагалі без неї.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Глушко В.В.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бірюкович Л.О.					11	
Реценз.						НТУУ«КПІ»		
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.				Каф. ВТМ та ПМ		
Затверд.		Богомол Ю. І.				Гр. ФН-з21мп		

Таким чином зменшується кількість обладнання, затрат на електроенергію, зменшується вплив небезпечних та шкідливих факторів. В той же час стрімко зростає продуктивність, та якість виготовлення деталей, адже точність виготовлення деталей порошковими методами досягає 0,01 мм.

Тому використовують деталі виготовленні методом порошкової металургії, які демонструють високі характеристики, з якими не можуть зрівнятися традиційні литі деталі [1].

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вибір і обґрунтування технологічного процесу

1.1.1 Вибір матеріалу

Відповідно до теми роботи потрібно застосовувати магнітні матеріали, які працюватимуть у високо частотних полях при частоті 50 мГц. Аналіз літературних даних [1] – [3]. Показав, що єдиним матеріалом, який може працювати в даних умовах є магнітодіелектрик. Магнітодіелектрик – це композиційний матеріал, який містить в собі феромагнітну складову, та деяку органічну зв'язку. Для магнітодіелектриків, що працюють у високочастотних полях, необхідно використовувати матеріали, які забезпечують високу стабільність магнітної проникності, великий електричний опір та низькі втрати на гістерезис і вихрові струми.

В якості феромагнетику застосовують карбонільне, або електрохімічне залізо, також застосовують пермалої, молібденові пермалої [2].

Види магнітних матеріалів.

Карбонільне залізо – це високочистий порошок заліза, який отримується методом термічного розкладу пентакарбонілу заліза ($\text{Fe}(\text{CO})_5$).

Переваги використання карбонільного заліза:

- чистота матеріалу: карбонільне залізо має високу чистоту, що забезпечує стабільні магнітні властивості;
- форма і розмір частинок: оптимальна форма і розмір частинок забезпечують мінімальні втрати на вихрові струми та гістерезис;
- висока магнітна проникність: Забезпечує ефективну взаємодію з магнітним полем при високих частотах;
- стабільність властивостей: властивості матеріалу залишаються стабільними при високих температурах і частотах;

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.		Глушко В.В.					
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.					
Затверд.		Богомол Ю. І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						13	
					НТУУ«КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-з21мп		

– економічність: карбонільне залізо є відносно економічним у порівнянні з іншими матеріалами з подібними властивостями, такими як молібденовий пермалой.

Недоліки карбонільного заліза:

- висока вартість: хоча карбонільне залізо є економічним порівняно з молібденовим пермалой, його вартість все ще залишається високою;
- потреба в додатковій обробці: для забезпечення стабільності властивостей матеріалу потрібна додаткова обробка.

Пермалої – це сплав заліза і нікелю (близько 80% Ni), який має високу магнітну проникність і хороші магнітні властивості в широкому діапазоні частот.

Переваги пермалоїв:

- висока магнітна проникність: забезпечує ефективну взаємодію з магнітним полем.
- низькі втрати на гістерезис: зменшення енергії, втраченої під час циклів намагнічування та розмагнічування.

Недоліки пермалоїв:

- висока вартість: пермалої є дорогим матеріалом.
- обмежена стабільність: стабільність властивостей зменшується при високих температурах.

Молібденовий пермалой – це сплав заліза, нікелю і молібдену (близько 4% Mo), який має дуже високу магнітну проникність і низькі втрати на гістерезис.

Переваги молібденового пермалою:

- дуже висока магнітна проникність: забезпечує ефективну взаємодію з магнітним полем.
- дуже низькі втрати на гістерезис: зменшення енергії, втраченої під час циклів намагнічування та розмагнічування.

Недоліки молібденового пермалою:

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

– дуже висока вартість: молібденовий пермалой є дуже дорогим матеріалом.

– обмежене використання: через високу вартість використовується обмежено.

Електрохімічне залізо – це залізні порошки, отримані електрохімічним способом.

Переваги електрохімічного заліза:

– відносно низька вартість: електрохімічне залізо є економічно вигідним матеріалом.

– висока магнітна проникність: забезпечує ефективну взаємодію з магнітним полем.

Недоліки електрохімічного заліза:

– потреба в додатковій обробці: для забезпечення стабільності властивостей матеріалу потрібна додаткова обробка.

– середні втрати на гістерезис: втрати на гістерезис і вихрові струми можуть бути вищими, ніж у карбонільного заліза.

Таблиця 1.1 – Порівняння основних параметрів різних матеріалів

Параметр	Карбонільне залізо	Пермалої	Молібденовий пермалой	Електрохімічне залізо
Магнітна проникність	Висока	Висока	Дуже висока	Висока
Електричний опір	Великий	Середній	Великий	Середній
Втрати та гістерезис	Низькі	Низькі	Дуже низькі	Середні
Стабільність властивостей	Висока	Висока	Висока	Середня
Вартість	Висока	Висока	Дуже висока	Низька
Застосування	Широке	Обмежене	Дуже обмежене	Широке

В якості зв'язки можуть виступати: бакеліт, полістерол, епоксид та інші органічні елементи. Можуть також застосовувати неорганічні елементи : скло, склоемалі. Зв'язка виконує не тільки механічну функцію, надаючи цілісності конструкції, вона також заповнює порожнини в матеріалі, тим самим зменшуються втрати на вихрові токи. Залежність проникності від вмісту зв'язки яка має наступний вигляд представлений на рисунку 2. В недавніх робота Маслюка, було показано що оптимальний вміст зв'язки повинен складати 6% від всієї суміші [4].

Зв'язка у магнітодіелектриках виконує кілька важливих функцій:

- механічна цілісність: зв'язка забезпечує цілісність композиційного матеріалу, об'єднуючи феромагнітні частинки в єдину структуру;
- електрична ізоляція: зв'язка заповнює порожнини між частинками, зменшуючи втрати на вихрові струми;
- вплив на магнітні властивості: вміст і тип зв'язки можуть впливати на магнітну проникність і втрати на гістерезис.

Органічні зв'язки:

- бакеліт-термореактивний полімер, отриманий з фенолформальдегідної смоли. Його перевагами є висока термостійкість, міцність, стійкість до хімічних впливів, а недоліками відносно висока крихкість, потреба в додатковій обробці для досягнення необхідних властивостей;
- полістерол – термопластичний полімер з хорошою електричною ізоляцією. Його перевагами є низька вартість, легкість обробки, хороші ізоляційні властивості, а недоліками низька термостійкість, обмежена механічна міцність;
- епоксидна смола – термореактивна смола, яка твердне при додаванні затверджувача. Його перевагами є висока адгезія, міцність, термостійкість, хороші електричні властивості, а недоліками відносно висока вартість, потреба в точному контролі процесу твердіння.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Неорганічні зв'язки:

– скло – аморфний неорганічний матеріал, який часто використовується як зв'язка в магнітодіелектриках. Його перевагами є висока термостійкість, хороша електрична ізоляція, хімічна інертність. А недоліками є висока крихкість, потреба в високотемпературній обробці;

– склоемалі – покриття, яке поєднує в собі властивості скла та кераміки. Його перевагами є висока хімічна стійкість, хороші ізоляційні властивості, термостійкість, а недоліка висока крихкість, складність у нанесенні.

Чинники, що впливають на магнітні властивості магнітодіелектриків:

– розмір частинок – менші частинки забезпечують більшу площу поверхні, що покращує магнітні властивості, але надто малі частинки можуть призводити до зростання втрат на вихрові струми через зменшення середньої відстані між частинками;

– форма частинок також впливає на магнітні властивості. Кулясті частинки зазвичай забезпечують кращу компактність та мінімальні втрати на гістерезис;

– збільшення тиску пресування під час пресування може збільшити початкову магнітну проникність матеріалу за рахунок зменшення пористості та покращення механічної цілісності. Проте надто високий тиск може призвести до руйнування ізолятора, що збільшить втрати на вихрові струми;

– термічна обробка зразків при певних температурах може зменшити внутрішні напруження в матеріалі, що виникли в процесі пресування. Це допомагає покращити магнітні властивості матеріалу, зменшуючи втрати на гістерезис;

– охолодження після термічної обробки також відіграє важливу роль. Повільне охолодження може сприяти кращому формуванню магнітних властивостей;

– оптимальний вміст зв'язки в матеріалі може забезпечити максимальну магнітну проникність. Наприклад, дослідження Маслюка

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

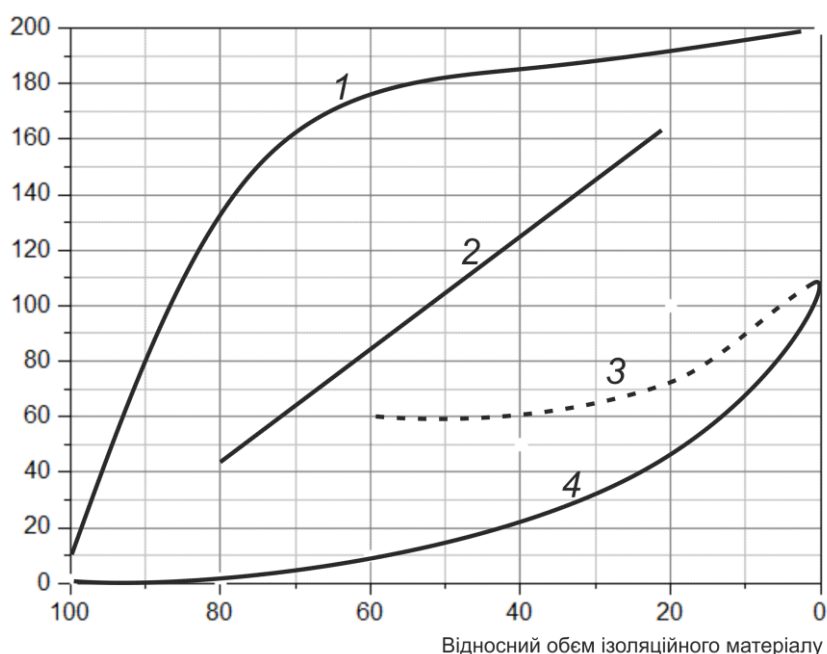
показали, що оптимальний вміст зв'язки повинен складати близько 6% від всієї суміші;

- тип зв'язки також впливає на магнітні властивості. Органічні та неорганічні зв'язки мають різні властивості, що впливають на кінцеві магнітні характеристики матеріалу;

- стабільність при різних температурах – матеріали повинні зберігати свої магнітні властивості в широкому діапазоні температур. Температурні зміни можуть впливати на магнітну проникність і втрати на гістерезис;

- гігроскопічність: Деякі магнітодіелектрики є гігроскопічними, тобто вони можуть поглинати вологу з повітря, що впливає на їх електричні та магнітні властивості. Для зменшення цього ефекту проводиться просочення в бакелітовому лаку та полімеризація при підвищеній температурі.

При розвинутій формі порошку виникає більша пар контактів, а також свої особливості підбору пластифікатору(зв'язки) та технології отримання[2].



1– замкнутий шихтований осердя; 2–теоретична крива по умові 3–
теоретична крива; 4–кільцевий осердя із монолітного матеріалу

Рисунок 1.1– Залежність проникності осердя від вмісту зв'язки [2]

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ

Арк.

18

Ці матеріали мають наступні характеристики:

- стабільністю магнітної проникності;
- великим електричним опором;
- низькими втратами на гістерезис та вихрові токи.

В комплексі кінцеві матеріали мають наступні характеристики[3].

Таблиця 1.2–Електромагнітні параметри магнітодіелектрика на основі карбонільного заліза [3]

Марка матеріалу	$\mu_{\text{эф}}$	μ	Магнітні втрати			$f_{\text{кр}}, \text{МГц}$	Температурна нестабільність, в інтервалі - 60+100°C
			$\delta_r \cdot 10^6, \text{м/А}$	$\delta_v \cdot 10^9, 1/\text{Гц}$	$\delta_d \cdot 10^3$		
P-10	2,9	13–15	3–5	2,0–3,5	0,15–0,25	10	25–180
P-20	2,95	12–14	1,2–2,5	2,0–3,0	0,05–0,1	20	20–150
P-30	1,55	9–10	1,25–1,85	0,15–1,2	0,05–0,1	100	50–100
P-100	1,6	10,5–12	1,2–2,0	1,0–2,8	0,05–0,1	100	30–150
Пс	2,9	11,0–13,0	1,5	3,5	0,2	20	25–100

Таблиця 1.3– Електромагнітні параметри магнітодіелектрика на основі пермалоїв [3]

Марка матеріалу	Номінальне значення проникності, $\mu_{\text{м.д.н. ач}}$	Магнітні втрати			ТК $\mu \cdot 10^6$ (не більше)	Температурний діапазон
		$\delta_r \cdot 10^6, \text{м/А}$	$\delta_v \cdot 10^9, 1/\text{Гц}$	$\delta_d \cdot 10^3$		
П250	230	8,2	1000	3	200	-60÷+85
П140	140	6,3	450	2	100	-20÷+70
П100	100	3,1	200	2	100	-60÷+85
П60	60	1,9	100	1,5	100	-60÷+85

Враховуючи економічні потреби та затрати ми можемо викреслити такий вид матеріалів, як молібденовий пермалой так як його ціна є зависокою.

Виходячи із вищесказаного перспективних матеріалом, який слід вирисовувати для таких цілей є карбонільне залізо. Через свою чистоту, форму та розмір частинок.

В переважній більшості дані матеріали отримуються методом порошкової металургії, за технологіями, які будуть розглянуті в наступному розділі.

На основі аналізу технічних характеристик матеріалів, карбонільне залізо є найбільш підходящим матеріалом для виготовлення магнітодіелектриків, що працюють у високочастотних полях. Воно поєднує в собі високу магнітну проникність, низькі втрати на гістерезис і вихрові струми, а також стабільність властивостей у широкому діапазоні частот і температур.

Зв'язка відіграє важливу роль у формуванні магнітних властивостей магнітодіелектриків. Вміст зв'язки може впливати на магнітну проникність матеріалу. Наприклад, надмірний вміст зв'язки може призводити до зниження магнітної проникності, в той час як оптимальний вміст зв'язки забезпечує максимальну магнітну проникність і мінімальні втрати на вихрові струми.

1.1.2 Вибір схеми технологічного процесу

При виготовленні високо частотних порошкових матеріалів користуємося наступними технологічними схемами[1,2]:

- замішування із рідким ізолятором на основі не органічних речовин та подальше пресування;
- замішування із твердим ізолятором на основі органічних речовин та подальше пресування;
- замішування із рідким ізолятором на основі органічних речовин та подальше пресування.

Однієї з простих технологічних схем являється схема представлена на рисунку 1.2. В дану технологічну схему входять всі стандартні технологічні

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операції порошкової металургії. На першому етапі відбувається змішування компонентів.

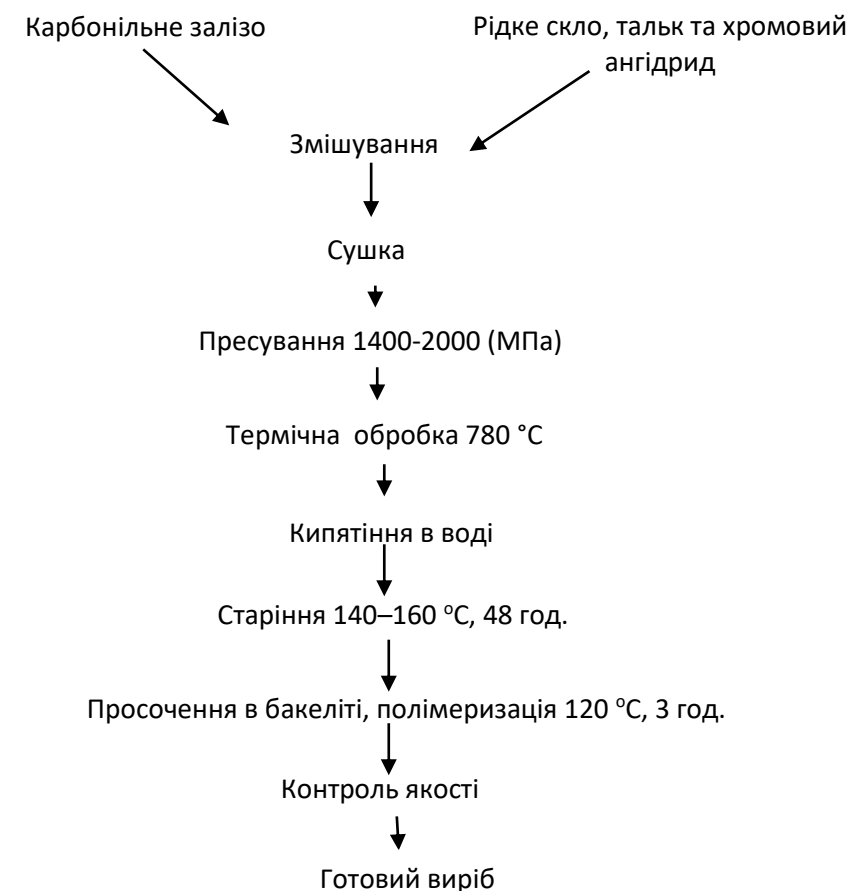


Рисунок 1.2 – Технологічна схема отримання [3]

Змішану суміш підігрівають для видалення води, яка міститься у зв'язці. Пресування відбувається на гідравлічному пресі для надання високої початкової проникності. Термічну обробку проводять при температурі 780 °C для зменшення внутрішніх напружень в матеріалі, які виникли в процесі пресування. Витримка відбувається протягом 40 хвилин, а охолодження відбувається на повітрі. Після цього зразки кип'ятять в воді для видалення рідкого скла і залишків хромового ангідриду. Далі відбувається старіння при температурах 140–160 °C, для стабілізації властивостей. Отримані таким чином зразки є гігроскопічними, тому фінальною стадією є їх просочення в бакелітовому лаку та полімеризація при температурі 120°C протягом 3 годин .

Розглянута, має такі переваги, як отримання стабільних властивостей на довгий час експлуатації. Але має один суттєвий недолік, як велика кількість

операцій, які складно поєднати між собою. А також використання занадто високих температур під час термічної обробки. Алі ці недоліки були враховані в наступній технологічній схемі.

Замішування із твердим ізолятором на основі органічних речовин та подальше пресування. Технологічна схема з використанням, в якості зв'язки твердої речовини представлена на рисунку 1.3

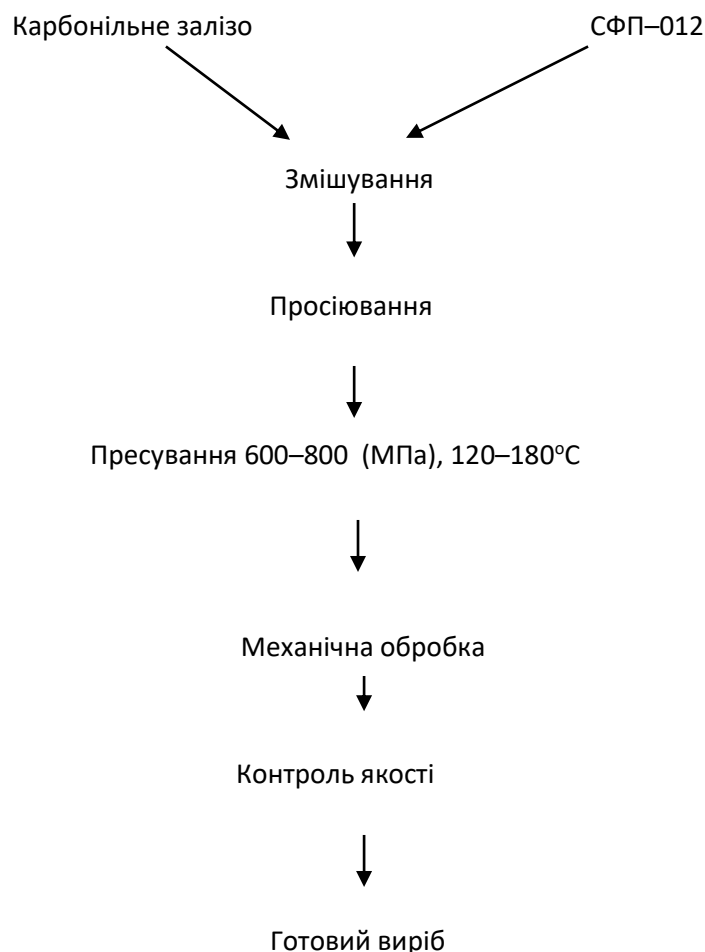


Рисунок 1.3 – Технологічна схема отримання [5]

Так як дана технологічна схема використовує в собі зв'язку, яка має твердий стан, то не потрібно використовувати такі технологічні прийом як сушка сировини. Після змішування порошків, достатньо їх просіяти для збільшення текучості, та конгломерування. Дана операція допоможе виробу набутти щільної форми швидше. Для зменшення кількості операцій та

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

збільшення продуктивності, полімеризацію виконують під час пресування нагріваючи прес форму до температур 120–180°C, та прикладаючи тиск 600–800 МПа. Так як матеріал може трішки змінити свою форму використовують механічну обробку матеріалу, яка включає в себе виведення шорсткості поверхні на заданий рівень.

До переваг даної схеми відносять простоту, за якою слідує висока продуктивність даного методу. Недоліком є нагрівання під час пресування. Під час полімеризації та одночасного пресування, зменшується час роботи прес інструменту, який нагрівається і охолоджується тобто матеріал додатково працює на втому.

Замішування із рідким ізолятором на основі органічних речовин та подальше пресування. Дана технологія відрізняється від попередньої тим що використовує не тверду зв'язку, а рідку. Якщо розглядати з точки зору продуктивності то цей процес поступається попередньому так, як він довший на підготовчих етапах. На рисунку 1.4. представлення детальна технологічна схема.

Як видно із технологічної схеми, на першій стадії відбувається змішування компонентів в рідкій фазі. В даній технологічній схемі саме змішування відіграє ключову роль. Так як в змішувач додають 15–20% ацетону, для розчинності епоксидної смоли. Після цього відбувається сушка суміші при температурі 90–100 °C, та протирання через сито. Далі суміш поступає у прес де відбувається надання форми виробу. Процес полімеризації проходить при температурі 120–180 °C, протягом 1–2 годин.

Остаточною операцією є доведення до заданих розмірів механічною обробкою. Недоліком даної схеми є використання рідкої зв'язки, яка ускладнює перші процеси отримання суміші. Основним плюсом цієї схеми є те що порошок заліза повністю покривається діелектриком, та утворює суцільний прошарок.

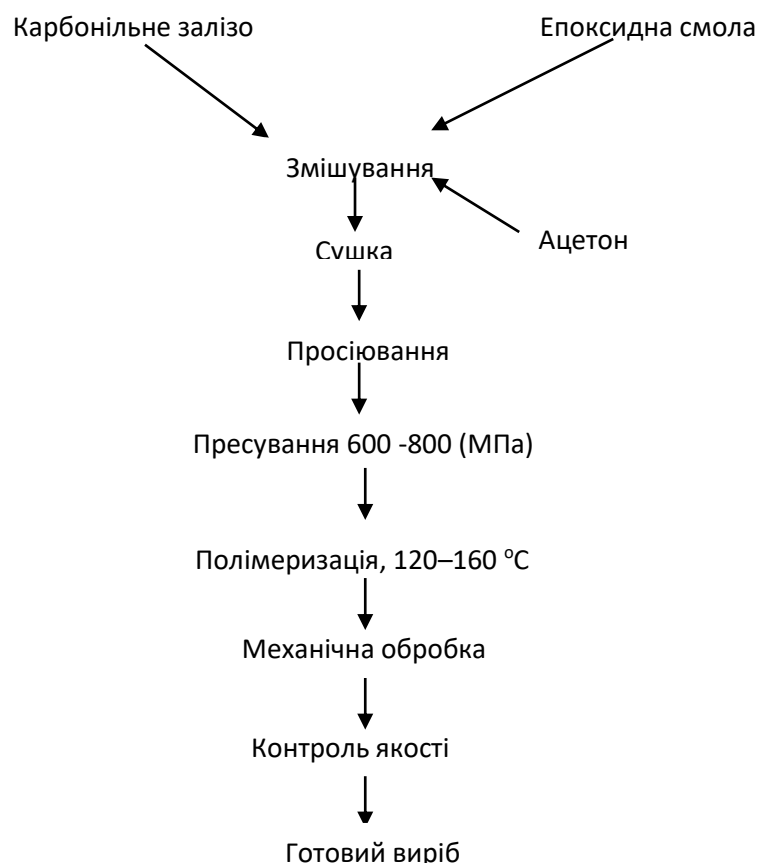


Рисунок 1.4 – Технологічна схема отримання [5]

Описавши всі можливі методи отримання магнітодіелтриків. Як заключення можна сказати, що найбільш перспективна схема отримання є схема з використанням твердого зв'язуючого. Так як вдається зменшити кількість операцій і тим самим збільшити продуктивність

1.2 Опис технологічного процесу

1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції в технічних умовах на неї

В даний період розвитку технологій, світ прагне до зменшення геометричних розмірів при збільшенні параметрів роботи, та інших службових характеристик в матеріалі, при відносно не складній технології отримання виробів.

Основним асортиментом області таких матеріалів як магнітодіелектрики

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

є, осердя різних конфігурацій, наприклад:

- кільцеві;
- броневі;
- циліндричні.

Ці осердя в малій кількості застосовуються в пупинівських котушках і фільтрах для провідного зв'язку. Дуже часто застосовуються в коливальних контурах битової електротехнічної апаратури, в силовій апаратурі, наприклад в високо частотних загороджувальних фільтрах ліній електропередач.

У пупиновських котушках і фільтрах було затверджено кільцеві осердя які б забезпечували мінімальне розсіювання і високу проникність. До недоліків таких осердя з технічної точки зору відносяться складність і вартість намотувальних робіт на тороїдальних намотувальних верстатах і труднощі регулювання параметрів, так як підстроювання може проводитися тільки зміною числа витків.

Технологічні труднощі виготовлення кільцевих осердя вдається подолати в складових конструкціях сегментного або броньового типу, що дозволяють застосовувати нормальні циліндричні котушки з попередньої роздільної намотуванням. Підстроювання здійснюється невеликою зміною повітряних зазорів або регулюванням положення гвинта в центральному стрижні магнітопроводу. Недолік таких конструкцій - ефект додаткового розмагнічування в незамкненою магнітного ланцюга з повітряним зазором. Отже, з внутрішнім розмагнічувати ефектом в магнітодіелектриків додається зовнішнє розмагнічування, яке викликає подальше зменшення проникності. В результаті максимальна проникність броньового осердя з магнітодіелектрика не перевищує 35. Повітряні зазори збільшують, крім того, розсіювання, хоча воно в осердя подібного типу залишається порівняно малим. За опублікованими даними, коефіцієнти втрат на гістерезис в броньових осердя без зазору не відрізняються за величиною від тих же коефіцієнтів кільцевих осердь. Стандартизовані характеристики осердь броньового типу з підстроюванням гвинтом в центральному стрижні. Стандарт передбачає сім

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

типорозмірів, для яких встановлені величина в межах від 15 до 100 нгн і добротність від 130 до 360.

В даний момент ми будемо розглядати осердя, які мають форму циліндра з отвором. Які відповідають ГОСТ 8763–77, та ГОСТ 10983–75.

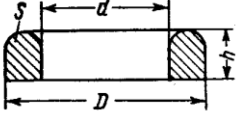
Чертеж сердечника	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>S</i> , см ²
	мм			
	15	7	4,8	0,175
	15	7	6,6	0,25
	19	11	4,8	0,175
	19	11	6,7	0,25
	24	13	5,2	0,25
	24	13	7,0	0,35
	36	21	5,7	0,37
	36	25	7,1	0,36
	36	25	7,5	0,38
	36	25	9,7	0,5
	44	28	7,1	0,5
	44	28	8,0	0,57
	44	28	10,2	0,75
	44	28	12,0	0,9
	50	32	9,0	0,72
	55	32	8,2	0,8
	55	32	11,7	1,2
	64	40	9,7	1,0
	64	40	12,8	1,38
	64	40	12,0	1,5
	75	46	13,0	1,66

Рисунок 1.5– Асортимент осердь відповідно до ГОСТ 8763–77

Найбільш оптимальним є осердя який має розміри $D=24\text{мм}$, $d=13\text{мм}$, $h=7,0\text{мм}$. (рисунок 1.6)



Рисунок 1.6 – Осердя кільцевої форми

1.2.2 Обґрунтування вибору основних видів сировини

Основною сировиною, яка використовується при виготовленні осердь, у нашому випадку є карбонільне залізо, та СФП–012.

Відповідно до ГОСТ–13610-79, в нашому випадку будемо використовувати, залізо марки Р–100Ф–1. Яке по своїм характеристикам може використовуватися в полях із частотою 100 МГц. Відповідно до цих вимог порошок повинен мати наступні характеристики наведені в таблиці 1.4.

Відповідно до цих характеристик розмір порошку повинен бути на рівні 1,3 мкм. Цей розмір і відповідає карбонільним методам отримання порошку. Так як розкладання відбувається з великою швидкість, і відбувається швидко утворення кристалів заліза.

Таблиця 1.4– Фізико–хімічні параметри порошку Р–100Ф–1.

Масова доля, %					Діаметр , мкм	Коефіцієнт втрат на гістерезис 10 ⁴ ,м/А	Коефіцієнт втрат на вихрові токи, 10 ³ Г/Гц	Коефіцієнт залишкових втрати, 10 ³
С	N	O ₂	Fe	Р				
0,8	0,7	0,8	97,65	0,05	1,3	1,0-0,8	0,5-1,2	0,05-0,1
-1	-	-	—	-				
	1,2	1,2	69,45	0,15				

Також потрібно розглянути зв'язуючи СФП–012(А). Цей матеріал виготовлюється на території України та має ТУ У 20.1-32250229-006:2014.

Відповідно до цієї технічної умови, цей матеріал має порошкоподібний стан, білого чи жовтого кольору. Повинен містити 6–10% уротропіну, залишок на ситі 01К не більше 2,0%, насипна щільність 0,25–0,45 г/см³, текучість 17-30 мм, час полімеризації 30–65 с, щільність 1,0 г/см³. Даний вид смолів дуже добре обробляється і найкраще підходить для даний операцій.

В таблиці 1.5 наведена коротко характеристика порошкоподібної речовини яка буде використовуватися.

Таблиця 1.5 – Технічні умови на готову продукцію

Матеріал	Характеристика	Стандарт
Карбонільне залізо	Розмір частинок 1,3 мкм	ГОСТ–13610-79
СФП–012	Розмір частинок 200 мкм	ТУ У 20.1-32250229-006:2014

1.2.3 Опис технологічних операцій

На першому етапі відбувається дозування порошкової суміші, від цього залежить подальше отримання готової продукції. Найчастіше для дозування застосовують вагові дозатори. Та такі ваги, які забезпечать відповідну точність дозування.

Другий етап представляє собою змішування порошкових суміші. Метою цієї операції є отримання рівномірного розподілу компонентів між собою. Так як різниця у густині основного компоненту і смолою складає 82,1 % то змішування було б доречно проводити в рідкому середовищі (розчин гліцерину в спирті, зі вмістом гліцерину 1-3%) [2]. Але при додаванні спирту можливе розчинення смоли, та її компонентів, тому змішування відбувається в сухому середовищі, але збільшується час змішування. Контроль якості змішування відбувається шляхом забору проб із суміші, та аналіз. Чим менша маса проби тим, точніший буде аналіз. Змішування проводять протягом 5 годин.

Наступним етапом є просіювання порошкової суміші, так як карбонільних порошок має розміри 1,3 мкм. То доцільно проводити просіювання для збільшення текучості порошкової суміші. Бо як відомо зі зменшенням розміру порошку текучість також зменшується.

Одним із основних етапів є пресування порошкової суміші. Як відомо ущільнення порошкової суміші відбувається в три стадії. Тому для досягнення міцності щеплення між частинками потрібно досягти другої стадії, при якій відбувається пружна деформація частинок. Тиск пресування в такому випадку,

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

повинен перевищують межу текучості матеріалу. Так наприклад для формування напівфабрикату із порошку на основі заліза, тиск пресування повинен складати 600 МПа.

Зусилля пресування залежать від форми і розмірів деталі. У нашому випадку деталь – осердь. Так як у нашому випадку на етапі пресування відбувається одночасна полімеризація суміші, то прес повинен мати індукційний нагрів до температури 120–160⁰С. Тому доцільно застосовувати гідравлічні преси із підігрівом.

Механічна обробка застосовуються для надання деталі остаточних розмірів таких. Це можуть бути операції шліфування та полірування, для задання відповідної шорсткості поверхні [2].

Технічний контроль і контроль якості продукції. Проведення технічного контролю і контролю якості продукції – одне з важливих завдань сучасного виробництва. До завдань контролю належать:

- запобігання випуску бракованих виробів, своєчасне встановлення причин браку з метою його ліквідації;
- підвищення виходу придатного в готову продукцію;
- скорочення енергетичних витрат.

Відповідно до цього об'єктами технічного контролю є:

- сировина, напівфабрикати, готова продукція;
- технологічні режими (температура, тиск, тривалість).

Одним із важливих факторів є режими технологічного процесу, так при порушенні процесу, можливе руйнування зразків, виникнення напружень в матеріалі, утворення тріщини, які в умовах експлуатації можуть зруйнувати виріб.

Тому потрібно оцінювати як і зовнішній вигляд деталі так і внутрішній. До внутрішніх можна віднести мікроструктуру, розподілення пор в матеріалі, розміри зерен та інше. До зовнішніх, це дефекти деталі які видно неозброєним оком.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також потрібно контролювати розміри деталі, так як після спікання, так як після спікання матеріал збільшується у розмірах, а після калібрування отримує остаточні точні розміри. Контролювати геометричні розміри можна вимірювальними пристроями таким як штангенс циркуль і мікрометр. Контроль хімічного складу відбувається за стандартними методиками.

1.3 Розрахунок і складання балансу матеріалів

Річний план на виготовлення продукції складає 18 тон . Тому обрахуємо кількість матеріалу який потрібно затратити на кожний день виробництва та на кожен операцію з технологічної схеми. Для визначення кількості днів, при яких буде працювати виробництво, потрібно врахувати неробочі дні, свята, плановий ремонт устаткування, вихідні дні. І відняти це все від загальної кількості днів у році. Таким чином дізнавшись кількість днів, можна обрахувати масу матеріалу яку необхідно затратити на кожний день виробництва за формулою 1.17:

$$A = \frac{G}{n}, \quad (1.17)$$

де G – річний випуск продукції, кг;
n – кількість робочих днів на рік.

Таблиця 1.6 – Розрахунок кількості днів виробництва

№	Характеристика	Кількість днів
1	Загальна кількість днів	365
2	Вихідні дні	104
3	Загально національні свята	9
4	Час на планово-попереджувальний ремонт	12
5	Неробочі дні підприємства	125
6	Істинні робочі дні	240

$$A = \frac{18000}{240} = 75 \text{ (кг)}.$$

Так при переробці вихідної продукції виникають втрати, врахуємо їх, тобто кількість матеріалу потрібно брати з надлишком, для запобігання цього явища.

Кількість матеріалу що надходить на першу операції, в перший день обраховуємо з урахуванням втрат за формулою 1.8:

$$A_0 = \frac{A}{\varphi} * 100, \quad (1.8)$$

де φ – вихід придатного по всьому процесу.

Так як технологічна схема включає 5 операції, то це необхідно враховувати.

Вилучення прямого поопераційного витягу на кожній операції визначаємо за формулою 1.9 :

$$\eta = 100 - (a + b), \quad (1.9)$$

де a – зворотні втрати;

b – незворотні втрати.

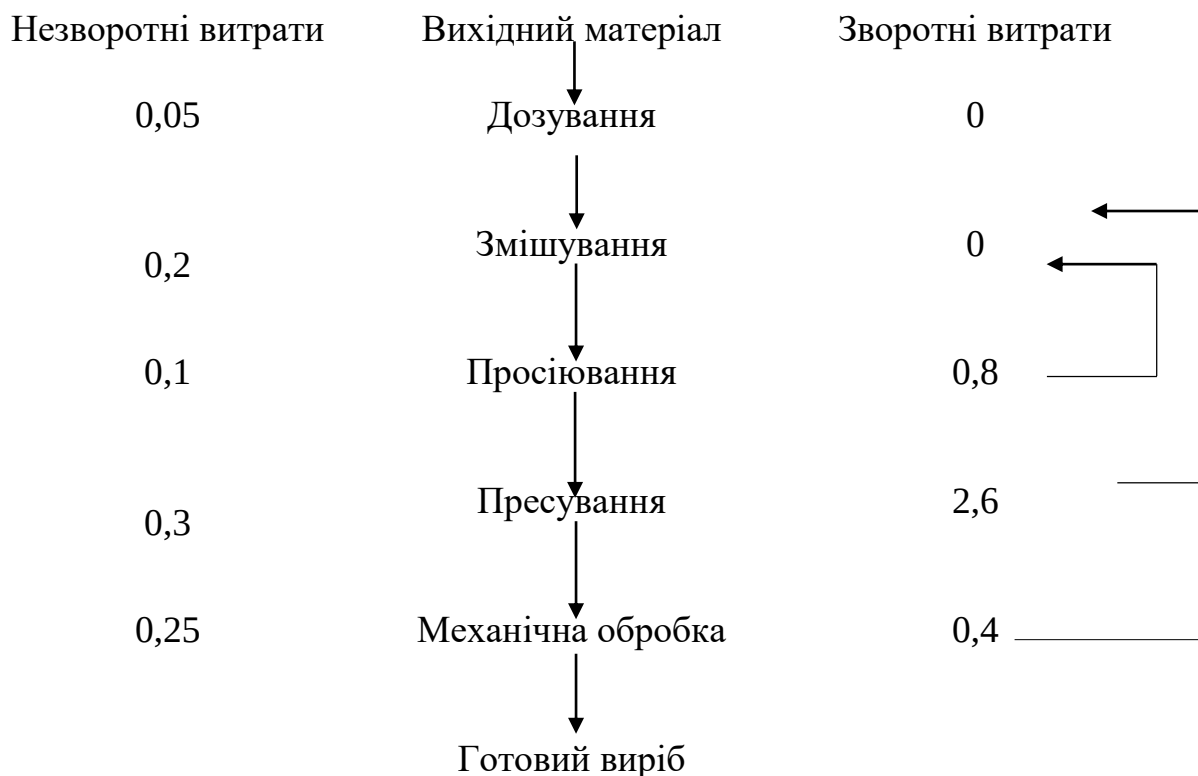


Рисунок 1.7 – Витрати на операція з виготовлення антифрикційних матеріалів

7) Визначимо загальний поопераційний витяг на додаткових операціях за формулою 1.8:

$$\begin{aligned}
 \eta_1 &= 100 - (0,05 + 0) = 99,95\%; \\
 \eta_2 &= 100 - (0,2) = 99,8\%; \\
 \eta_3 &= 100 - (0,1 + 0,8) = 99,1\%; \\
 \eta_4 &= 100 - (0,3 + 2,6) = 97,1\%; \\
 \eta_5 &= 100 - (0,25 + 0,4) = 99,3355\%.
 \end{aligned}$$

8) Визначаємо загальний витяг на кожній операції відносно вихідного матеріалу за формулою:

$$\varphi_n = \left(\frac{n_1}{100} * \frac{n_2}{100} \dots \frac{n_n}{100} \right) * 100 = \frac{n_1 n_2 \dots n_n}{100^n}; \quad (1.10)$$

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \eta_1 = 99,95 \% ; \\ \varphi_2 &= \frac{\eta_2 \varphi_1}{100} = 99,75 \% ; \\ \varphi_3 &= \frac{\eta_3 \varphi_2}{100} = 98,85 \% ; \\ \varphi_4 &= \frac{\eta_4 \varphi_3}{100} = 95,98 \% ; \\ \varphi_5 &= \frac{\eta_5 \varphi_4}{100} = 95,35 \% .\end{aligned}$$

9) Кількість сировини що потрібно використати у 1 день виробництва вираховується за формулою 1.8:

$$A_0 = \frac{75}{95,35} * 100 = 78,65 \text{ (кг)}.$$

10) Визначаємо втрати відносно вихідного матеріалу на кожній операції.

Розрахунки проводимо згідно формули 1.11:

$$\alpha_n(\beta_n) = \frac{\alpha_n(\beta_n) * \varphi_{n-1}}{100}. \quad (1.11)$$

Зворотні

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \alpha_1 = 0; \\ \alpha_2 &= 0; \\ \alpha_3 &= 0,8 * \frac{99,75}{100} = 0,798; \\ \alpha_4 &= 2,6 * \frac{98,85}{100} = 2,57; \\ \alpha_5 &= 0,4 * \frac{95,98}{100} = 0,383.\end{aligned}$$

Не зворотні

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \beta_1 = 0,05; \\ \beta_2 &= 0,2 * 99,95 = 0,2; \\ \beta_3 &= 0,1 * 99,75 = 0,1; \\ \beta_4 &= 0,3 * 98,85 = 0,297; \\ \beta_5 &= 0,25 * 95,98 = 0,239.\end{aligned}$$

11) Абсолютні витрати становлять за формулою 1.12:

$$q_n^a(q_n^b) = \frac{A_0 \alpha_n(\beta_n)}{100}. \quad (1.12)$$

Зворотні

$$q_1^a = 0;$$

$$q_2^a = 0;$$

$$q_3^a = 75 * \frac{0,798}{100} = 0,599;$$

$$q_4^a = 75 * \frac{2,57}{100} = 1,928;$$

$$q_5^a = 75 * \frac{0,383}{100} = 0,288.$$

Не зворотні

$$q_1^b = 75 * \frac{0,05}{100} = 0,038;$$

$$q_2^b = 75 * \frac{0,2}{100} = 0,15;$$

$$q_3^b = 75 * \frac{0,1}{100} = 0,075;$$

$$q_4^b = 75 * \frac{0,297}{100} = 0,222;$$

$$q_5^b = 75 * \frac{0,239}{100} = 0,180.$$

12) Обрахуємо масу зворотних витрат, та масу яка повинна надходити на початок процесу:

$$B = A_0 - \sum q;$$

$$B = 78,65 - (3,479) = 270,827(\text{кг}).$$

Дані були занесені до таблиці 1.6, а також було розраховано кількість матеріалу яка надходить на кожну операцію.

Таблиця 1.7 – Поопераційний матеріальний баланс

Назва операції	Поопераційні витрати, %			Пряме вилучення, %	Загальнє вилучення, %	Втрати відносно введеного матеріалу, %		Абсолютні витрати,%		Маса матеріалу, що надходить на операцію, кг			Маса матеріалу, що виходить з операції, кг
	зворотні	незворотні	загальні			зворотні	незворотні	зворотні	незворотні	З попередньої оп.	Зворотні і витрати	Всього	
Дозування	0.000	0.050	0.050	99.950	99.950	0.000	0.050	0.000	0.038	75.000	0.000	75.000	74.963
Змішування	0.000	0.200	0.200	99.800	99.750	0.000	0.200	0.000	0.150	74.963	2.814	77.777	77.627
Просіювання	0.800	0.100	0.900	99.100	98.852	0.798	0.100	0.599	0.075	77.627	0.000	77.627	76.953
Пресування	2.600	0.300	2.900	97.100	95.986	2.570	0.297	1.928	0.222	76.953	0.000	76.953	74.803
Механічна обробка	0.400	0.250	0.650	99.350	95.362	0.384	0.240	0.288	0.180	74.803	0.000	74.803	74.623

- Маса матеріалу що надходить і виходить з кожної операції:

Перша операція:

- надходить: 75 (кг);
- відійшло: $75 - 0,038 = 74,963$ (кг).

На другу операцію:

- надходить: 74,963 та зворотні витрати із 3,4, та 5 операції, загальна маса становить $74,963 + (0,599 + 1,928 + 0,288) = 77,777$ (кг);
- відходить: $77,777 - 0,15 = 77,627$ (кг).

На третю операцію:

- надходить: 77,627 (кг);
- відходить: $77,627 - (0,599 + 0,075) = 76,953$ (кг).

На четверту операцію:

- надходить: 76,953 (кг);
- відходить: $76,953 - (1,928 + 0,222) = 74,803$ (кг).

На п'яту операцію:

- надходить: 74,803 (кг);
- відходить: $74,803 - (0,288 + 0,18) = 74,623$ (кг).

1.4 Вибір і розрахунок кількості обладнання

Обладнання для здійснення технологічного процесу обирають виходячи з наступних основних вимог.

Обладнання, що обирають повинно бути стандартним, це знижує його вартість та полегшує ремонт (стандартні запасні частини), відрізняються простотою конструктивних рішень вузлів, деталей та їх складання.

Обладнання повинно відповідати сучасному рівню розвитку науки і техніки, тобто забезпечувати максимальну продуктивність при мінімальній чисельності обслуговуючого персоналу, сприяти зниженню витрат матеріалів

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та енерговитрат, дозволяти без суттєвих конструктивних змін вводити механізацію, автоматизацію управління та регулювання технологічних режимів.

Обладнання повинно відповідати вимогам техніки безпеки. Продуктивність допоміжного обладнання (транспортне обладнання, насоси, вентилятори) повинна бути, як правило, вище продуктивності основного обладнання, тобто необхідний резерв для підвищення розрахункових норм продуктивності основних агрегатів шляхом використання передових технологій.

Вибір кожного типу обладнання повинен бути обґрунтовано, як з точки зору виконання вимог технологічного процесу, так і у відповідності

з вказаним раніше. При розрахунку кількості одиниць кожного типу обладнання необхідно виходити з поопераційного балансу матеріалів технологічного процесу, з якого відома маса та об'єм матеріалу, що переробляється на даному обладнанні. Розрахункова кількість одиниць обладнання визначається за формулою 1.13:

$$n_{\text{роз}} = \frac{G}{p \cdot t} \quad (1.13)$$

де G - маса матеріалу, що перероблюється, кг;

p - продуктивність агрегату, кг/год.;

t - кількість годин роботи на добу.

Звичайно $n_{\text{роз}}$ дробне число, яке округлюють до найближчого більшого цілого числа. Для складного обладнання, яке потребує частого ремонту або незамінного іншими типами, фактичне число обладнання приймають на одиницю більше, тобто $n_{\text{роз}} + 1$. На основі отриманих даних розраховують коефіцієнт завантаження обладнання за формулою 1.14:

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{n_{\text{роз}}}{n_{\text{ф}}} . \quad (1.14)$$

Обладнання для дозування. Були обрано ваги марки РП-600Ц-136 які можуть працювати в діапазоні від 30 до 600 кг. Основною доцільність вибору є зручність та простота у використанні.

Обладнання для змішування. На цій операції відбувається змішування вихідних компонентів системи. Застосування млинів для цієї операції найрізноманітніше. Можливе застосування кульових, атриторних, планетарні, та інші.

В нашому випадку доцільно використовувати кульовий млин МШм 40, який має наступні характеристики:

- об'єм барабана - 0,4 м³;
- потужність двигуна - 3,0 кВт;
- габаритні розміри (LxBxH) – 2,47x1,85x1,5 м;
- вартість 160 тис. грн.

Продуктивність можна розрахувати за наступними формулами 1.15, 1.16:

$$G_3 = V_6 \varphi_{3.м} \eta_p Y_{\text{нас}}; \quad (1.15)$$

$$p_m = \frac{G_3}{t_m}. \quad (1.16)$$

Знаючи таким чином, що V_6 об'єм барабану, коефіцієнт заповнення ($\varphi_{3.м}$), і коефіцієнт розпушення (η_p) становлять відповідно 0,5 та 0,28. Насипна щільність становить 0,2-0,3 від насипної щільності матеріалу. Час розмелу (t_m) в нашому випадку становить 3 години, підставивши ці дані в формули отримаємо наступні значення:

$$G_3 = 0,4 * 10^6 * 0,5 * 0,28 * 7,41 * 0,2 = 82,99(\text{кг});$$

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p_m = \frac{82,99}{5} = 16,58 \left(\frac{\text{кг}}{\text{год}} \right).$$

Таким чином, знаючи продуктивність масу матеріалу яка використовується кожний день можна розрахувати обладнання. Час роботи цеху 16 годин, кількість матеріалу 77,777 кг. Тому необхідна кількість млинів:

$$n_3 = \frac{77,777}{16,58 \cdot 16} = 0,29.$$

Обираємо 4 млини з коефіцієнтом заповнення :

$$K_3 = \frac{0,29}{1} = 0,29.$$

Встановлено що на даному вузлі потрібно 1 млини з коефіцієнтом заповнення 0,29.

Для того щоб прибрати зайву вологу з суміші порошку, після змішування, використовуємо вакуумну сушильну шафу ПВ16-2НУ-01, яка використовується для сушіння зразків при температурі до 100 °С.

Характеристики сушильної шафи:

- площа поверхні загрузки, м²-16;
- плити:
- кількість - 12;
- розміри, мм - 1300x1270x25;
- розміри сушки, мм-1885x1710x2270;
- маса, кг - 2130.

Отже, потрібно всього одна сушильна шафа, з коефіцієнтом завантаження 0,5.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Просіювання. Для даної операції широко застосовуваним є протиральне сито для протирки сумішей порошків, просушених.

Характеристики сита:

- продуктивність – 0,8 т/год;
- розмір дек – 0,5 м²;
- встановлена потужність – 1,0 кВт;
- габаритні розміри (L×B×H) – 0,8×0,95×2,2 м;
- приблизна вартість – 4000 грн..

Продуктивність для нашого випадку визначається за формулою:

$$P_C = 36hB_C K_P v \delta * 10^3, \quad (1.14)$$

де h – висота засипки матеріалу (10мм);

K_P – коефіцієнт розрихлення матеріалу (0,4);

v – швидкість переміщення порошку (1 м/с);

δ – густина матеріалу (5540 кг/м³).

$$P_C = (36 \cdot 0,001 \cdot 0,95 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 5540 \cdot 10^3) / 3600 = 21,052 \text{ кг/год.}$$

Розраховуємо кількість необхідного обладнання:

$$N = G / p\tau = 77,627 / (21,054 \cdot 16) = 0.23,$$

де τ – час роботи цеху (16 год.).

Кількість обладнання – 1 сито з коефіцієнтом завантаження, який складає:

$$K_z = 0,23 / 1 = 0,23.$$

Обладнання для пресування. Однією із найважливіших операцій є пресування. В нашому випадку можливе застосування практично всіх пресів, як гідравлічних так і механічних, але доцільним буде використання

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механічних пресів. Так як під час пресування відбувається полімеризація, то слід використовувати гідравлічні преси із індукційним нагрівом прес-форми

Необхідне зусилля пресування визначається наступним чином:

$$P = 1,25 * p_{\text{пр}} * S_{\text{пр}}.$$

Деталь має круглу форму з двома діаметрами великим діаметром 24,0 мм, та меншим діаметром 13 мм, звідси площа пресування становитиме:

$$S = \frac{\pi}{4} (2,4 - 1,3)^2 = 0,9498 \text{ (см}^2\text{)}.$$

Розрахуємо зусилля пресування, враховуючи що тиск пресування складає 600 МПа, тобто $60 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$.

$$P = 1,25 * 0,9498 * 60 = 71,235 \text{ (кН)}.$$

Виходячи з цих даних, було обрано прес згідно гідравлічний прес з ЧПУ фірми «DORST» Німечинна, модель TPA10. Який має наступні характеристики:

- зусилля пресування 100 кН;
- число хотів пресування 5–10 ;
- найбільша висота засипки 75 мм;
- потужність 3,0 кВт;
- габарити (НхВхL), 2600х970х1500 мм;
- вага 1050 кг.

Розрахуємо кількість деталей яку необхідно виробляти за день, розділивши масу яку потрібно виготовити за 1 день, на масу 1 деталі :

$$N = \frac{76,953}{(5,54 * 0,664) * 1000} = 21102 \text{ (шт)}.$$

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість пресів що необхідно застосувати на даній операції розраховуємо за формулою 1.18:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{K \cdot 60 \cdot t}, \quad (1.18)$$

де К- кількість ходів преса за хвилину, в нашому випадку 10.

Підставивши значення отримаємо:

$$N_{\text{пр}} = \frac{21102}{10 \cdot 60 \cdot 16} = 2,19.$$

Тобто будемо використовувати 3 прес з коефіцієнтом завантаження:

$$K_3 = \frac{2,19}{3} = 0,73.$$

Механічна обробка. Для механічної обробки було обрано електроерозійний станок марки CUT 200 Dedicated з наступними характеристиками:

- габарити станка – 2300 x 2850 x 2200 мм;
- вага - 3500 кг;
- максимальна швидкість обробки – 400 мм²/хв;
- мінімальна шорсткість після обробки - Ra 0.3 мкм.

Щоб визначити продуктивність станка спочатку необхідно розрахувати кількість деталей, яку потрібно обробити нам за добу. Кількість матеріалу, який поступає на дану операцію становить 74,803 кг враховуючи, що маса однієї деталі становить 3,62 г. .

$$74,803 / (3,62 \cdot 100) = 21102 \text{ штук.}$$

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Денна норма виготовлених деталей становить 21102 шт. Кожну з цих деталей після спікання необхідно піддати механічній обробці. Площа оброблюваної поверхні в одній деталі становить 105 мм².

$$S_3 = 105 \cdot 21102 = 2\,215\,710 \text{ мм}^2.$$

$$n_{\text{розрах}} = S_3 / (P \cdot \tau) = 2\,215\,710 / (400 \cdot 16 \cdot 60) = 5,2.$$

Отже приймаємо шість електроерозійних станків з коефіцієнтом завантаження:

$$K_3 = 5,2 / 6 = 0,86.$$

Відповідно до результатів розрахунків потрібної кількості обладнання було складено зведену відомість обладнання таблиця

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 - Зведена відомість обладнання цеху

Назва операції	Назва обладнання	Габаритні розміри, LxBxH, м	Продуктивність, кг/год	Кількість годин роботи за добу	Завдання на добу, кг	Необхідна кількість устаткування	Коефіцієнт завантаження	Встановлена потужність, кВт
Змішування	Барабанний змішувач	2,47x1,85x1,5	16,58	16	77,77	1	0,29	3,0
Просіювання	Протиральне сито	0,8x0,95x2,2	21,052	16	77,627	1	0,23	1,0
Пресування	Dorst TRA10	1,5x0,97x2,6	2,5	16	76,953	3	0,73	3,0
Механічна обробка	CUT 200 Dedicated	2,3x2,85x2,2	0,82	16	74,803	6	0,86	4,0

ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ

44

Арк

2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 План розміщення обладнання

Проектування плану розміщення обладнання є надзвичайно важливим етапом у створенні ефективного виробничого процесу. Основною метою цього етапу є оптимізація використання простору виробничого приміщення, забезпечення безперервності технологічного потоку, а також забезпечення зручності та безпеки при обслуговуванні обладнання. Відповідно до вимог сучасного виробництва, планування розміщення обладнання має базуватися на таких принципах:

- технологічний потік: обладнання повинно розміщуватися у порядку, що відповідає послідовності технологічного процесу. Це дозволяє мінімізувати переміщення матеріалів та продукції між різними етапами виробництва, що, у свою чергу, сприяє підвищенню ефективності та скороченню часу на виробництво;
- безпека та ергономіка: одним із ключових аспектів розміщення обладнання є забезпечення безпечних умов праці. Це включає належне розташування евакуаційних виходів, пожежної сигналізації та засобів пожежогасіння. Крім того, робочі місця повинні бути спроектовані таким чином, щоб мінімізувати фізичне навантаження на працівників і забезпечити зручний доступ до обладнання для його обслуговування та ремонту;
- енергозабезпечення: джерела енергоживлення, такі як трансформатори, генератори, системи вентиляції та кондиціонування, повинні розташовуватися поблизу споживаючого обладнання. Це дозволяє зменшити втрати енергії та забезпечити стабільну роботу виробничих систем;

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.		Глушко В.В.					
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.					
Затверд.		Богомол Ю. І.			Літ. Арк. Аркушів		
					45		
					НТУУ «КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-з21мп		

– обмеження шкідливих факторів: виробниче обладнання, яке може виділяти пил, шум, теплове випромінювання або інші шкідливі фактори, повинно бути розміщене в окремих приміщеннях або ізольованих зонах. Це сприяє створенню комфортних умов праці для персоналу і запобігає негативному впливу на навколишнє середовище;

– гнучкість планування: враховуючи можливість розширення виробництва у майбутньому, планування повинно забезпечувати можливість швидкого та недорогого перепланування виробничих приміщень. Це дозволяє адаптувати виробництво до змін у попиті або впровадження нових технологій без значних витрат.

Розміщення обладнання здійснюється в основних технологічних зонах, які включають виробничу зону, складські приміщення, технічні приміщення та адміністративні приміщення.

2.2 Будівельні розміри та планування

Для створення оптимальних умов роботи виробничого цеху, вибрано наступні розміри приміщення: довжина – 18 м, ширина – 12 м, висота – 6 м, загальна площа – 216 м².

Основні приміщення цеху включають:

– виробничу зону: тут розташовується основне технологічне обладнання для виробництва магнітопроводів. Виробнича зона має бути спроектована так, щоб забезпечити максимально ефективне використання простору та оптимальний технологічний потік;

– складські приміщення: для зберігання сировини, напівфабрикатів та готової продукції. Складські приміщення повинні бути розташовані таким чином, щоб забезпечити легкий доступ до матеріалів та продуктів у будь-який момент виробничого процесу;

– технічні приміщення: призначені для розміщення допоміжного обладнання, такого як компресори, трансформатори та системи вентиляції.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні приміщення мають бути спроектовані так, щоб забезпечити безперервну роботу допоміжного обладнання без впливу на основний виробничий процес;

– адміністративні приміщення: для офісів адміністративного та інженерного персоналу. Адміністративні приміщення повинні бути розташовані поблизу виробничої зони для забезпечення оперативного управління та контролю за виробничим процесом.

При проектуванні приміщень враховується можливість розширення виробничих потужностей у майбутньому. Зовнішні стіни та внутрішні перегородки виконуються з сендвіч-панелей з теплоізоляційним шаром, що забезпечує високий рівень енергоефективності та комфорту. Покрівля виконується з металевих профільованих листів з утепленням, що дозволяє забезпечити надійний захист від погодних умов та знизити тепловтрати. Фундамент будівлі - залізобетонний, з розрахунком на навантаження від важкого обладнання, що забезпечує стійкість та довговічність будівлі.

2.3 Будівельні матеріали та конструкції

Для будівництва виробничого цеху використовуються сучасні будівельні матеріали, які забезпечують високу міцність, довговічність та енергоефективність будівлі. Основні будівельні матеріали та конструкції включають:

– фундамент: залізобетонний фундамент, який забезпечує необхідну стійкість будівлі і витримує навантаження від важкого виробничого обладнання. Використання залізобетону дозволяє створити міцну основу для будівлі та забезпечити її довговічність;

– каркас будівлі: металеві конструкції, що забезпечують високу міцність і стійкість будівлі. Металевий каркас дозволяє швидко і ефективно зводити будівлі будь-якої складності та розміру, забезпечуючи при цьому їхню надійність;

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- стіни: сендвіч-панелі з теплоізоляційним шаром для забезпечення високих теплоізоляційних властивостей. Використання сендвіч-панелей дозволяє знизити витрати на опалення та кондиціонування повітря, а також забезпечити комфортні умови праці для персоналу;
- покрівля: металеві профільовані листи з утепленням для забезпечення надійного захисту від погодних умов та зниження тепловтрат. Металеві покрівельні матеріали забезпечують високу стійкість до впливу атмосферних факторів і мають тривалий термін експлуатації;
- підлога: бетонна з полімерним покриттям для забезпечення зносостійкості та легкого прибирання. Полімерне покриття захищає бетонну основу від механічних пошкоджень та хімічного впливу, забезпечуючи при цьому високий рівень гігієни.

2.4 Капітальні вкладення в будівництво

Розрахунок капітальних вкладень включає витрати на будівельно-монтажні роботи, матеріали та обладнання. Важливо враховувати, що будівництво виробничого цеху є складним і багатогранним процесом, який потребує значних фінансових вкладень на кожному етапі реалізації проекту.

До основних витрат відносяться:

- земельні роботи: підготовка будівельного майданчика, вирівнювання ґрунту, риття котлованів. Ці роботи є необхідними для створення надійної основи для будівництва і включають вартість оренди техніки та оплату праці робітників;
- фундамент: вартість матеріалів і робіт з укладання залізобетонного фундаменту. Цей етап включає підготовку та заливку бетону, арматурні роботи, гідроізоляцію та утеплення фундаменту;
- металевий каркас: вартість виготовлення і монтажу металевих конструкцій. Включає закупівлю металу, виготовлення елементів каркасу, їх транспортування та монтаж на будівельному майданчику;

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сендвіч-панелі для стін: вартість закупівлі та монтажу сендвіч-панелей. Включає вартість матеріалів, транспортування та монтажні роботи з встановлення панелей;
- покрівля: вартість покрівельних матеріалів і робіт з монтажу покрівлі. Включає підготовку основи під покрівлю, укладання утеплювача та гідроізоляції, монтаж металевих листів;
- вікна та двері: вартість виготовлення, транспортування і монтажу віконних та дверних конструкцій. Включає вартість матеріалів, оплату праці робітників та витрати на фурнітуру;
- електромонтажні роботи: прокладання електромереж, встановлення освітлювальних приладів і електричного обладнання. Включає вартість матеріалів (кабелі, розетки, вимикачі), оплату праці електриків та вартість обладнання;
- система опалення: вартість обладнання і робіт з монтажу системи опалення. Включає закупівлю котлів, радіаторів, трубопроводів, оплату праці монтажників;
- вентиляційна система: вартість обладнання і робіт з монтажу системи вентиляції. Включає закупівлю вентиляційних установок, повітропроводів, монтажних матеріалів та оплату праці робітників;
- внутрішнє оздоблення: вартість оздоблювальних матеріалів і робіт з внутрішнього оздоблення приміщень. Включає штукатурні роботи, фарбування, укладання підлогових покриттів, встановлення внутрішніх перегородок;
- непередбачені витрати: додаткові витрати, що можуть виникнути під час будівництва, такі як зміни в проекті, додаткові матеріали або роботи. Цей пункт дозволяє врахувати можливі ризики та забезпечити фінансову стійкість проекту.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

2.5 Енергетичне забезпечення

Для забезпечення стабільної роботи виробничого цеху необхідно передбачити відповідне енергетичне забезпечення, включаючи електропостачання, водопостачання та вентиляцію

Електропостачання – розрахунок об'єму витрат електроенергії для технологічних потреб та освітлення. Основні параметри включають встановлену потужність обладнання, річний фонд часу роботи, коефіцієнти завантаження обладнання, одночасності роботи та використання потужності;

Водопостачання – організація системи водопостачання для забезпечення технологічних і побутових потреб. Включає проектування та монтаж систем водопостачання, вибір обладнання та розрахунок необхідних витрат води;

Вентиляція – встановлення системи припливно-витяжної вентиляції для підтримання оптимальних умов праці та технологічного процесу. Включає розрахунок об'єму повітря, що необхідно для вентиляції приміщень, вибір і монтаж вентиляційного обладнання.

2.6 Організація будівельних робіт

Будівельні роботи включають кілька етапів, кожен з яких є важливим для успішної реалізації проекту.

Підготовчі роботи: очищення та планування будівельного майданчика, організація тимчасових комунікацій. Цей етап включає вирівнювання ділянки, зняття верхнього шару ґрунту, підготовку місця для будівельного обладнання та матеріалів.

Земляні роботи: риття котлованів, зведення фундаментів. Включає викопування котлованів під фундамент, укладання гідроізоляції, заливку бетону, армування та інші роботи з укладання фундаменту.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Монтаж каркасу будівлі: збирання та монтаж металевих конструкцій. Включає виготовлення, транспортування та встановлення металевих колон, балок, ферм та інших елементів каркасу будівлі.

Зведення стін та покрівлі: монтаж сендвіч-панелей та покрівельних листів. Включає встановлення зовнішніх та внутрішніх стін, утеплення, монтаж покрівлі, укладання покрівельних матеріалів, встановлення водостоків.

Внутрішні оздоблювальні роботи: монтаж перегородок, штукатурні роботи, фарбування. Включає встановлення внутрішніх стін і перегородок, штукатурку, шпаклівку та фарбування стін і стель, укладання підлогових покриттів, встановлення дверей та вікон.

Монтаж інженерних систем: прокладка електромереж, систем водопостачання, опалення та вентиляції. Включає встановлення електрощитів, прокладку кабелів, встановлення освітлювальних приладів, монтаж систем водопостачання, каналізації, опалення та вентиляції.

Установка обладнання: розміщення та монтаж технологічного обладнання згідно з планом. Включає доставку, встановлення та підключення обладнання, проведення випробувань і налаштувань для забезпечення його стабільної роботи.

2.7 Технічне забезпечення та безпека

Для забезпечення безпечних умов праці та відповідності проекту нормативам техніки безпеки необхідно передбачити наступні заходи:

- встановлення автоматичної системи пожежної сигналізації, вогнегасників та інших засобів пожежогасіння. Це забезпечить швидке виявлення пожежі та оперативне реагування на надзвичайні ситуації;
- забезпечення належної вентиляції приміщень для підтримання оптимальних умов праці. Включає встановлення припливно-витяжних вентиляційних систем, кондиціонерів та повітроочисних установок;

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

– розміщення евакуаційних виходів та планів евакуації для забезпечення безпечної евакуації персоналу у разі надзвичайних ситуацій. Включає встановлення знаків евакуації, освітлення евакуаційних шляхів та забезпечення вільного доступу до евакуаційних виходів;

– забезпечення санітарних вузлів та душових кабін для персоналу. Включає облаштування туалетів, умивальників, душових кабін, встановлення систем водопостачання та каналізації.

Цей будівельний розділ є важливою частиною дипломного проекту, що забезпечує комплексний підхід до створення виробничого цеху для виготовлення магнітопроводів. Він включає всі необхідні будівельні, технологічні та економічні аспекти, що забезпечують ефективність, безпеку та надійність виробництва.

На рисунку 2.1 зображений план ділянки.

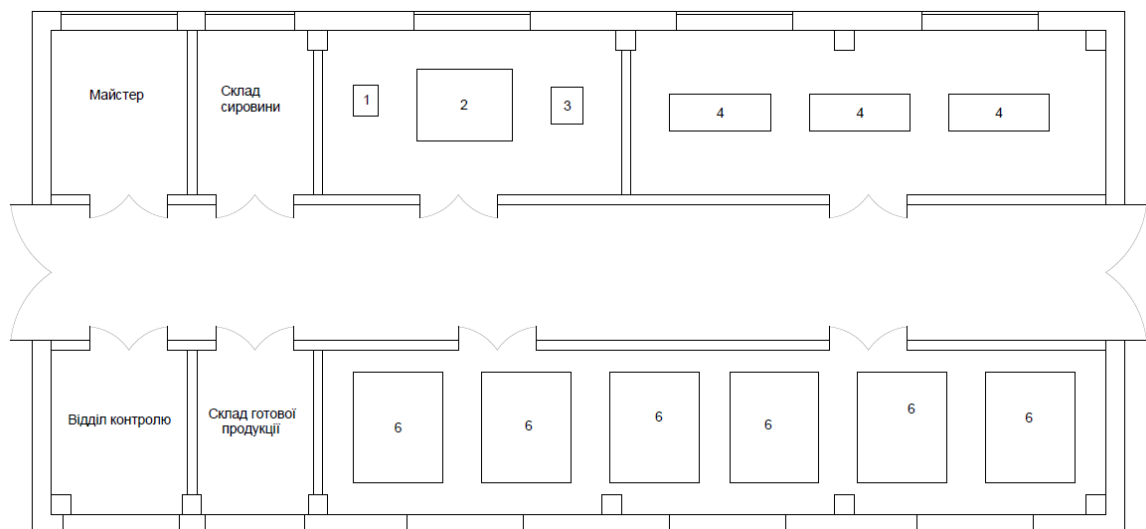


Рисунок 2.1 – План ділянки

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок розмірів прес-форми для виготовлення втулки

У цьому розділі необхідно розрахувати та спроектувати прес-форму для виготовлення втулки з магнітодіелектриків, які працюватимуть у високочастотних полях при частоті 50 МГц. Вихідні дані для розрахунку прес-форми наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні розміри втулки

H_1 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	K_{yc}	$K_{об}$
7	24	13	1,5	4

3.2 Розрахунок формуючих розмірів пресовки

Розрахунок розмірів пресовки здійснювати відповідно до формул 3.1 та 3.2:

$$D_{\Pi} = D_H \times K_{yc}, \quad (3.1)$$

$$H_{\Pi} = H_H \times K_{yc}, \quad (3.2)$$

де D_{Π} , H_{Π} – діаметр (висота) пресовки, мм;

D_H , H_H – номінальний діаметр (висота) деталі, мм;

K_y – коефіцієнт усадки.

Підставимо значення:

$$H_{\Pi} = 7 \times 1,5 = 10,5,$$

$$D_{\Pi 1} = 24 \times 1,5 = 36,$$

$$D_{\Pi 2} = 13 \times 1,5 = 19,5,$$

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Глушко В.В.			СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ		
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.					
Затверд.		Богомол Ю. І.					
						Літ.	Арк.
							53
						Аркушів	
						НТУУ «КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-321мп	

3.3 Розрахунок розмірів матриці

Внутрішній діаметр матриці відповідатиме діаметру пресовки. Порожнина матриці матиме розміри діаметру бурта $D_{п2}$. Діаметр матриці складає $2D_{max} = 72\text{мм}$. Висота камери засипки визначається виходячи з формули:

$$H_3 = H_{пmax} * K_{об}, \quad (3.3)$$

де H_3 – висота камери засипки, мм;

$H_{пmax}$ – максимальна висота пресовки, мм;

$K_{об}$ – коефіцієнт обтиснення порошку.

Підставимо значення:

$$H_3 = 10.5 * 4 = 42\text{мм}.$$

3.4 Розрахунок висоти матриці

Розрахована висота матриці повинна враховувати допуски на робочий вхід пуансонів у матрицю. Для нижнього пуансона ця відстань варіюється від 10 мм до 15 мм, а для верхнього — від 5 мм до 10 мм. Враховуючи ці параметри, висота матриці становитиме:

$$H_{матр} = H_3 + h_{\text{верх}}^{\text{т}} + h_{\text{низ}}^{\text{т}}, \quad (3.4)$$

де H_3 – висота камери засипки, мм;

$h_{\text{верх}}^{\text{т}}$ – технічна висота на верхній пуансон, мм;

$h_{\text{низ}}^{\text{т}}$ – технічна висота на нижній пуансон, мм.

$$H_{матр} = 42 + 9 + 14 = 65 \text{ мм},$$

3.5 Розрахунок висоти пуансонів

Висота пуансонів повинна забезпечувати формування деталі до заданої щільності та геометрії. Їхня робоча частина складається з робочого ходу та

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічних допусків. Робочий хід пуансону становить 1/3 від висоти матриці і дорівнює:

$$\frac{H_{\text{матр}}}{3} = \frac{65}{3} \approx 22 \text{ мм}$$

Неробоча частина передбачає фіксацію до плити преса та вилучення пресу з матриці після пресування. Висоту неробочої частини приймаємо 40 мм, діаметр — 72 мм. Внутрішній діаметр робочої частини становить 19.5 мм, зовнішній — 36 мм.

Нижній пуансон зазвичай нерухомий і забезпечує формування та випресовку деталі з матриці. Його висота відповідає загальній висоті матриці — 65 мм з додатковими 22 мм для технологічного кріплення. Внутрішній діаметр робочої частини становить 19.5 мм, зовнішній — 36 мм.

3.6 Формування бурта

Формування бурта здійснюється за допомогою двох пар пуансонів. Діаметр другого пуансону становить 36 мм зовнішнього і 19.5 мм внутрішнього. Висота цього пуансону становить 65 мм з додатковими 50 мм для кріплення.

Стержень для формування отвору підшипника має діаметр 19.5 мм, висота стержня складає 115 мм, яка повинна забезпечувати підведення стержня у верхню частину матриці та дозволяти закріпити його на рівні нижнього пуансону.

Розрахунки прес-форми

1. Формуючі розміри пресовки:

- номінальні розміри деталі: D1 = 24 мм, D2 = 13 мм, H = 7 мм;
- коефіцієнт усадки K_{ус} = 1.5.

Розрахунок:

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{\Pi} = H_{\Pi} \times K_{yc} = 7 \times 1.5 = 10.5 \text{ мм};$$

$$D_{\Pi 1} = D_{\Pi 1} \times K_{yc} = 24 \times 1.5 = 36 \text{ мм};$$

$$D_{\Pi 2} = D_{\Pi 2} \times K_{yc} = 13 \times 1.5 = 19.5 \text{ мм}.$$

2. Розміри матриці:

$$H_3 = H_{\Pi max} \times K_{об}$$

Висота камери засипки

Розрахунок:

$$H_3 = 10.5 \times 4 = 42 \text{ мм}$$

3. Висота матриці:

Висота матриці враховує допуски на робочий вхід пуансонів.

Розрахунок:

$$H_{\text{матр}} = H_3 + h_{\text{верх.т}} + h_{\text{низ.т}} = 42 + 9 + 14 = 65 \text{ мм}$$

4. Висота пуансонів:

Робочий хід пуансону: $\frac{H_{\text{матр}}}{3}$

Розрахунок:

$$\frac{H_{\text{матр}}}{3} = \frac{65}{3} \approx 22 \text{ мм}$$

Неробоча частина: 40 мм.

Внутрішній діаметр робочої частини: 19.5 мм.

Зовнішній діаметр робочої частини: 36 мм.

5. Формування бурта:

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Діаметр другого пуансону: 36 мм зовнішнього і 19.5 мм внутрішнього.

– Висота пуансону: 65 мм + 50 мм для кріплення.

– Стержень для формування отвору підшипника: діаметр 19.5 мм, висота 115 мм.

Таким чином, наведені розрахунки та теоретичні обґрунтування забезпечують необхідні розміри та параметри прес-форми для виготовлення втулки з магнітодіелектриків, що дозволяє досягти високої якості готової продукції.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Проектування виробничої дільниці для виготовлення магнітопроводів для високих частот вимагає ретельного забезпечення оптимальних умов праці з метою запобігання можливим надзвичайним ситуаціям та зниження рівня травматизму. Охорона праці — це комплекс правових, соціально-правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, що спрямовані на забезпечення життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі виробництва [19]. Дотримання норм охорони праці є ключовим елементом у процесі організації виробничого процесу.

Метою цього розділу є аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які виникають під час роботи з матеріалами, обладнанням високих температур та іншими технологічними установками, а також розробка заходів для створення безпечного середовища праці. У цьому розділі розглядаються питання безпеки праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки в умовах виробництва магнітопроводів для високих частот. Додатково проводиться аналіз факторів, що можуть призвести до погіршення здоров'я та виникнення професійних захворювань [21].

Оскільки тема проекту стосується виготовлення магнітопроводів методами порошкової металургії, у цьому розділі аналізується виробнича дільниця відповідного устаткування. Визначаються параметри мікроклімату, освітлення, рівня шуму, запиленості, електробезпеки та пожежної безпеки. Метою є аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що можуть призвести до захворювання та травматизму в процесі виготовлення магнітопроводів для високих частот, а також розробка заходів для усунення цих факторів та забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях [20].

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ		
Розроб.		Глушко В.В.					
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.					
Затверд.		Богомол Ю. І.					
					Лім.	Арк.	Аркушів
						58	
					НТУУ «КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-з21мп		

4.1 Загальна характеристика виробничої дільниці

Технологічний процес виробництва осердь відбувається за допомогою барабанного шнекового змішувача, вакуумної сушильної шафи ПВ16-2НУ-01, протирального сита, гідравлічного преса з ЧПУ «DORST» ТРА10, шліфувального станка марки CUT 200 Dedicated. Планування виробництва та розташування обладнання зображено на рисунку 4.1, а також специфікація технологічного обладнання наведено в таблиці 4.2. Головними небезпечними факторами в цеху є пил з порошків карбонільного заліза Виділення пилу у повітрі з'являється при транспортуванні порошкових матеріалів, змішуванні, протиранні, сушці, пресуванні та механічній обробці готових виробів. Також на виробництві при роботі змішувачів та пресів має місце вібрація. Тривала дія вібрації приводить професійного захворювання — вібраційна хвороба [23]. При роботі обладнання на виробництві шум перевищує норму, що може призвести до часткової або повної втрати слуху В цеху використовується обладнання, яке живиться від мережі з напругою 380 В, що може привести до ураження електричним струмом, у разі пошкодження обладнання. Загальна площа виробництва дорівнює 216 м², довжина – 18 м, ширина – 12 м, висота – 6 м. Кількість працівників, які виконують технологічний процес становить 11 чоловік. Таким чином згідно з вимогами ДСанПН 3.32- 007-98, об'єм і площа приміщення на одного працівника та місця розташування технологічного обладнання є оптимальним (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1. – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

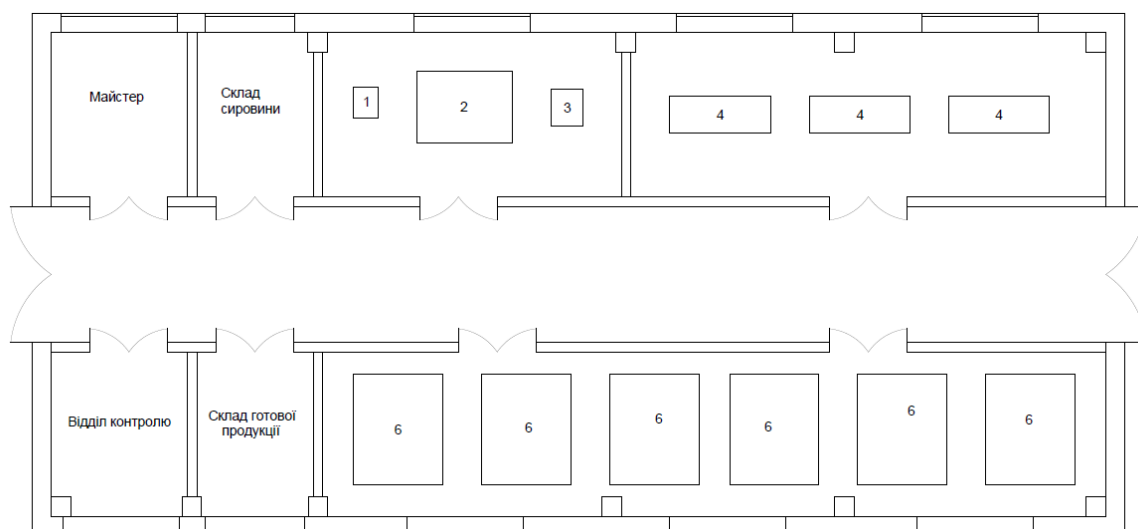
№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	8,1 м ²	4,5 м ²
2	Об'єм на 1 працюючого	48,6 м ³	15 м ³
3	Мінімальна ширина проходу	1,65 м	1,5 м

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Специфікація технологічного обладнання

№ п/п	Найменування обладнання	Розміри Д/Ш/В, мм	Основні характеристики	Позиція на рисунку	Кількість
1	Барабанний шнековий змішувач	2,47x1,85x1,5	Напруга 380В Об'єм барабану 0,4 м3 Швидкість обертання 40 об/хв	1	1
2	Протиральне сито	0,8x0,95x2,2	Напруга 380В	1	1
3	Гідравлічний прес з ЧПУ «DORST» TRA10	1,5x0,97x2,6	Напруга 380В Тиск пресування 100 кН	3	3
4	Шліфувальний станок CUT 200 Dedicated	2,3x2,85x2,2	Напруга 380В Швидкість обробки 500 мм2 /хв	6	6

На рисунку 4.1 зображений план дільниці.



1 – барабанний шнековий змішувач, 2 – сушильна шафа, 3 – протиральне сито, 4 – прес, 5 – шліфувальні машини.

Рисунок 4.1 – План виробництва

Основною метою цього цеху є виготовлення магнітопроводів, здатних працювати в умовах високих частот. Для досягнення необхідних властивостей

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

передбачено виконання таких технологічних операцій: просіювання порошку, сушка, спікання, утрамбовування, припікання, сушка, спікання, калібрування. Важливо забезпечити електробезпеку, тому підлога у виробничій дільниці виконана з бетону, що не проводить електричний струм

При проектуванні виробничих приміщень важливо забезпечувати необхідні параметри для безпеки та ефективності виробництва.

4.2 Аналіз параметрів мікроклімату

Оскільки важкість роботи відноситься до категорії Пб, тобто середньої важкості, а також розташування сушильної шафи безпосередньо біля робочих місць інших технологічних процесів, тому мікроклімат на виробництві потрібно підтримувати за такими параметрами: - Температура – 17-19 0С в холодний період року, 20-22 0С – в теплий період року; - Вологість – 40-60%; - Швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с, що відповідає вимогам [11].

Таблиця 4.3 – Параметри мікроклімату

Категорія	Параметр мікроклімату	Період року	Нормовані значення мікроклімату ДСН 3.3.6.042-99	
			Оптимальні	Допустимі
Середньої важкості II а	Температура, °С	Холод.	19-21	17-23
		Тепл.	21-23	18-27
	Відносна вологість повітря, %	Холод.	40-60	75
		Тепл.	40-60	65
	Швидкість руху повітря, м/с	Холод.	0,2	<0,3
		Тепл.	0,3	0,2-0,4

Для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату у виробничій дільниці використовується система штучної припливно-витяжної вентиляції та водяного опалення, що забезпечують комфортні умови як у теплий, так і в холодний період року.

4.3 Аналіз освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5.28-2006. «Природне та штучне освітлення», на виробництві відсутня важка зорова робота, тому не потрібне спеціальне освітлювальне обладнання. Для достатнього освітлення робочого середовища використовується природне і штучне освітлення [25].

4.4 Шум та вібрація

При роботі змішувача, протирального верстата та пресів на виробництві шум перевищує допустимі норми, що може призвести до: часткової або повної втрати слуху, зниження пам'яті, запаморочення, підвищення стомлюваності, дратівливості, а отже й суттєве зниження продуктивності на робочому місці. Для зниження рівня шуму використовується звукоізолюючі кожухи, що виготовленні із сталі, дюралюмінію товщиною 1...3 мм, фанери, причому з внутрішньої сторони проведено личкування звукопоглинальними матеріалами товщиною 30...50 мм., якими повністю закривають найбільш шумні агрегати. Також використовується засоби індивідуального захисту, протишумові навушники, беруші. На виробництві при роботі змішувача, протирального верстата та пресів має місце вібрація [25]. Тривала дія вібрації може призвести до різноманітних порушень здоров'я людини: погіршення стану нервової та серцево-судинної системи, порушення обміну речовин, може з'явитись професійне захворювання — вібраційна хвороба. Для зменшення впливу вібрацій на працівника та інше обладнання використовуємо методи віброгасіння. На віброуючі пристрої встановлюється динамічне навантаження, а самі пристрої розташовуються на окремий віброізований фундамент. Джерела коливань ізовані від опорних конструкцій гумовими прокладками, пружинами або іншими віброізоляторами [26].

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Аналіз загазованості та запиленості

Підтримання оптимального мікроклімату у виробничій дільниці є важливим завданням. Основними небезпечними факторами є пил з порошків карбонільного заліза, що утворюється під час транспортування, змішування, сушіння та обробки матеріалів. Періодичне вдихання пилу може спричинити професійні захворювання, такі як пневмонія [27].

Для контролю запиленості використовується загальнообмінна система проточно-витяжної вентиляції та місцева витяжна вентиляція, що видаляє пил безпосередньо від джерела.

Оскільки важкість роботи відноситься до категорії Пб, тобто середньої важкості, а сушильна шафа розташована безпосередньо біля робочих місць інших технологічних процесів, необхідно підтримувати мікроклімат на виробництві за такими параметрами:

- температура 17-19 °С у холодний період року, 20-22 °С у теплий період року;
- вологість 40-60%;
- швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с.

Ці параметри відповідають встановленим вимогам [11]. Тривала дія високої температури повітря може призвести до гіпертермії, а низької температури — до гіпотермії. Це знижує самопочуття та працездатність людини, що може призвести до захворювань.

Основними небезпечними факторами в цеху є пил з порошків карбонільного заліза. Виділення пилу в повітрі виникає під час транспортування порошкових матеріалів, змішування, протирання, сушіння, пресування та механічної обробки готових виробів [22]. Періодичне вдихання частинок порошку може спричинити професійні захворювання, такі як пневмонія. Вміст пилу в робочій зоні при використанні дисперсного порошку металу вказаний у таблиці 4.4 та відповідає встановленим нормам.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4 – Вміст пилу в робочій зоні при використанні дисперсного порошку металу.

Технологічна операція	Концентрація пилу, мг/ м ³
Завантаження порошку в змішувач	180,8
Пресування заготовок	69,5
Сушіння	28,9

У разі запилення робочого середовища примусово вмикається загальна обмінна система проточно-витяжної вентиляції. Також встановлено місцеву витяжну вентиляцію, яка призначена для видалення забрудненого повітря безпосередньо від джерела виникнення пилу та шкідливих виділень.

4.6 Електробезпека

В цеху використовується обладнання, яке живиться від мережі з напругою 380 В, а саме змішувач, сушильна шафа, протиральний верстат, прес та шліфувальний верстат, відповідно до правил улаштування електроустановок (ПУЕ-2017). Приміщення цеху, за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до III-го класу, тобто приміщення з особливою небезпекою ураження електричним струмом. Для запобігання враження струмом, всі установки мають захисне заземлення, тобто електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих частин електроустаткування згідно вимог ПУЕ-7 «Заземлення і захисні заходи електробезпеки» [20]. Також встановлене захисне вимкнення, що забезпечує автоматичне відключення електроустаткування, коли в ньому виникає небезпека ураження струмом, а саме при замикання фази на корпус електроустаткування та появи в мережі більш високої напруги. Призначена кваліфікована особа яка періодично перевіряє стан ізоляції та електроустаткування на предмет пошкодження або зниження опору, стан захисного заземлення устаткування. Для попередження ураження електричним струмом на підприємстві використовуються знаки

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

безпеки, а також інструкції і плакати [21]. На всьому обладнанні, а також кожухах, що закривають електроапаратуру, є напис "Висока напруга". Також весь персонал пройшов інструктаж з техніки безпеки.

4.7 Пожежна безпека

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». виробництво за пожежною безпекою належить до категорії Б, тому що зумовлена використанням тонко-дисперсних порошків металів і легко-спалахуючих допоміжних матеріалів [23].

Джерелом загорання можуть служити: короткі замикання, що супроводжуються великими виділеннями тепла, перевантаження дроселів, що спричиняє сильніший розігрів струмоведучих дроселів й загорання ізоляції, легкозаймисті рідини, пошкоджений електричний дріт, зношування та корозія обладнання, порушення правил використання матеріалів та обладнання. Для запобігання займання легкозаймистих матеріалів, таких як мастила розроблені правила їх зберігання та використання. Ці речовини зберігаються у металевій, щільнозачиненій тарі [25]. Для ліквідації пожежі передбачено такі засоби пожежогасіння: - автоматичної система пожежогасіння; - розташований, у приміщенні, щит з протипожежним інвентарем згідно ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», а саме вогнегасники - 3 шт., ящик з піском - 1 шт., протипожежне покривало - 1 шт., багор або лом та гак - 2 шт., лопати - 2 шт., сокири - 2 шт; - пересувний вогнегасник ВВП-100; - пожежний кран; В кожному приміщенні в наявності є план евакуації(рисунок 4.2).

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

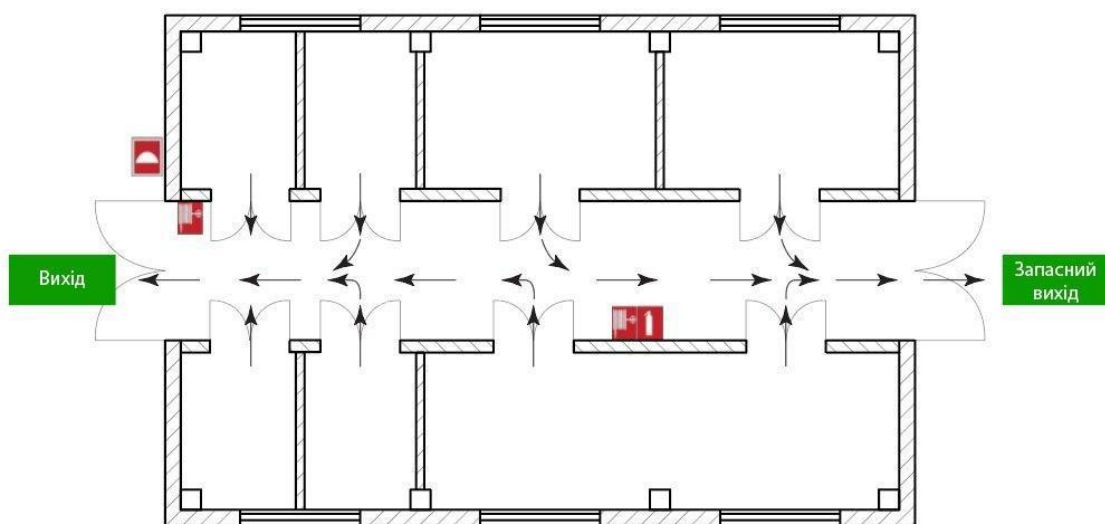


Рисунок 4.2 – План евакуації виробництва

Забезпечення охорони праці у виробництві магнітопроводів високої частоти є критично важливим для запобігання травм і професійних захворювань. Комплекс заходів охорони праці включає аналіз та усунення небезпечних і шкідливих факторів, створення безпечних умов праці, забезпечення електробезпеки та пожежної безпеки, що сприяє зниженню ризиків для здоров'я працівників та підвищенню продуктивності праці.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ

Арк.

66

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Енергетичний розділ

Даний розділ присвячений для розрахунку кількості електроенергії, палива, газів та інших джерел енергії, яка потрібна для стабільної роботи виробництва.

Об'єм витрат електроенергії на виробниче обладнання визначають на підставі вибору і розрахунку кількості обладнання та його потужності в режимі роботи:

$$\mathcal{E} = M\Phi_0\eta_{\text{зв}}K_1K_2$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

$\eta_{\text{зв}}$ – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи (приймається рівним: для електричних печей – 0,6; для електродвигунів – 0,3; для генераторів височастотного нагріву – 0,8);

K_2 – коефіцієнт використання потужності (приймається рівним 0,7).

Об'єм витрат електроенергії на освітлення розраховується на підставі плану цеху. Вихідні дані для розрахунку – площа приміщення, потрібна освітленість і режим роботи освітлювальних точок.

Витрати енергії на освітлення розраховують за формулою:

$$Q = \frac{Sq\tau f}{1000},$$

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Глушко В.В.			ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ		
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.					
Затверд.		Богомол Ю. І.					
					Лім.	Арк.	Аркуші
						67	
					НТУУ «КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-321мп		

де S – освітлювальна площа, м^2 ;

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

τ – число годин горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасного горіння.

Значення q зазвичай беруть: для виробничих приміщень – $11 \dots 15 \text{ Вт}/\text{м}^2$, для побутових і службових приміщень – $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Залежно від тривалості освітлювального періоду значення τ беруть рівним: для двозмінної роботи – 2500 год, для тризмінної – 4700 год.

Коефіцієнт, який враховує одночасність горіння ламп, беруть: для виробничих прогонів – 0,8, для побутових та службових приміщень – 0,7, для підвалів – 0,9.

Барабанний шнековий змішувач $E = 3 \cdot 1920 \cdot 0,25 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 302,4 \text{ кВт}$

$E = 1 \cdot 1920 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 403,2 \text{ кВт}$

Сушильна шафа

$E = 1 \cdot 3840 \cdot 0,34 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 282,2 \text{ кВт}$

Протиральний верстат

$E = 15 \cdot 3840 \cdot 0,82 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 9918,7 \text{ кВт}$

Гідравлічний прес

$E = 10 \cdot 3840 \cdot 0,9 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 7257,6 \text{ кВт}$

Шліфувальний станок

$Q = (12,7 \cdot 10 \cdot 2500 \cdot 0,7) / 1000 = 222,3 \text{ кВт}$

Склад сировини

Відділ змішування, сушки,
протирання $Q = (25,5 \cdot 15 \cdot 2500 \cdot 0,8) / 1000 = 765 \text{ кВт}$

Відділ пресів

$Q = (51 \cdot 15 \cdot 2500 \cdot 0,8) / 1000 = 1530 \text{ кВт}$

Відділ механічної обробки

$Q = (25,5 \cdot 15 \cdot 2500 \cdot 0,8) / 1000 = 765 \text{ кВт}$

Відділ контролю

$Q = (12,7 \cdot 10 \cdot 2500 \cdot 0,7) / 1000 = 222,3 \text{ кВт}$

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відділ готової продукції	$Q=(12,7*10*2500*0.7)/1000=222,3$ кВт
Кабінет майстра	$Q=(12,7*10*2500*0.7)/1000=222,3$ кВт
Службовий коридор	$Q=(63*10*2500*0,7)/1000=1102,5$ кВт

Загальнорічні витрати електроенергії на технологічне обладнання та на освітлення приведені в таблиці 5.1 та таблиці 5.2

Таблиця 5.1 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, кВт	Фонд робочого часу на рік, год	Коефіцієнт завантаженості	Коефіцієнт одночасності	Коефіцієнт виступу	Річні витрати електроенергії,
Барабанний шнековий змішувач	1	3	1920	0.25	0.3	0.7	302.4
Сушильна шафа	1	1	1920	0.5	0.6	0.7	403.2
Протиральний верстат	1	1	3840	0.34	0.3	0.7	282.2
Гідравлічний прес	5	3	3840	0.82	0.3	0.7	9918.7
Шліфувальний станок	5	2	3840	0.9	0.3	0.7	7257.6
Усього витрат, кВт·год							

Таблиця 5.2 – Витрати електроенергії на освітлення

Найменування споживача	Освітлювальна площа, м ²	Поверхнева щільність теплого потоку,	Кількість годин горіння на рік, год	Коефіцієнт одночасності горіння	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Склад сировини	12.7	10	2500	0.7	2221,3
Відділ змішування, сушки, протирання	25.5	15	2500	0.8	765
Відділ пресів	51	15	2500	0.8	1530
Відділ мех.обробки	25.5	15	2500	0.8	765
Відділ контролю	12.7	10	2500	0.7	222,3
Відділ готової продукції	12.7	10	2500	0.7	222,3
Кабінет майстра	12.7	10	2500	0.7	222,3
Службовий коридор	12.7	10	2500	0.7	222,3
Усього витрат, кВт·год					4171,5

5.2 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Питання щодо організації виробництва в цеху вирішуємо на основі даних попередніх розділів проекту, зокрема, технологічного (розрахунок потрібного обладнання, його розміщення, організація технічного контролю та контролю якості тощо). У цьому розділі обґрунтовуємо необхідну чисельність робітників та управлінського персоналу, розмір фондів їх заробітної плати, визначаємо показники продуктивності праці.

Методика розрахунків планової чисельності працівників окремих категорій визначається специфікою їхньої роботи та галузевими особливостями функціонування підприємства.

Чисельність працівників, зайнятих на нормованих роботах ($\mathcal{C}_{p.n}^{пл}$), розраховують за формулою:

$$\mathcal{C}_{p.n}^{пл} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot m_i}{T_{p.ч} \cdot K_{в.н}},$$

де n – кількість найменувань продукції;

t_i – планова трудомісткість одиниці i -го виду продукції, нормо-годин;

m_i – кількість продукції i -го виду, одиниць;

$T_{p.ч}$ – розрахунковий ефективний час роботи одного робітника, год. (табл. 5.8.)

$K_{в.н}$ – очікуваний коефіцієнт виконання норми (1,0 – 1,5).

Чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах ($\mathcal{C}^{пл}$) (контроль технологічного процесу, керування апаратами, машинами та іншим устаткуванням), розраховують за нормами обслуговування, а саме:

$$\mathcal{C}_{ос}^{пл} = \frac{m_0 \cdot \Pi_{зм} \cdot K_{п}}{H_{об}},$$

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m_0 – кількість обслуговуваних об'єктів;

$\Pi_{зм}$ – кількість робочих змін протягом доби;

$K_{п}$ – коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову;

$H_{об}$ – норма обслуговування (кількість одиниць обладнання, що обслуговує один працівник).

Таблиця 5.3 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	113
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	12
Номінальний фонд робочого часу, днів	240
Невиходи на роботу, днів	30
з них:	
- відпустка	24
- захворювання	4
- дозволені законом	1
- з дозволу адміністрації	1
- прогули	0
- цілодобові простої	0
- страйки	0
Явочний робочий час, днів	210
Середня тривалість робочого дня, год	7,9
Внутрішньозмінні втрати робочого часу та простої, год	0,3
Робочі години	7,6
Плановий фонд робочого часу за рік, год	1596

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову розраховується за формулою:

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100-k)},$$

де k – плановий відсоток невиходів на роботу .

$$k = \frac{30}{240} \cdot 100 = 12,5;$$

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100-12,5)} = 1,14.$$

Розрахунки чисельності основних і допоміжних робітників наведено в таблиці 5.4.

Чисельність допоміжних працівників ($\text{Ч}_{\text{д}}^{\text{пл}}$), для яких неможливо встановити норму обслуговування та розрахувати трудомісткість робіт, визначають за кількістю робочих місць за формулою:

$$\text{Ч}_{\text{д}}^{\text{пл}} = \text{П}_{\text{р.м}} \cdot \text{П}_{\text{зм}} \cdot K_{\text{п}},$$

де $\text{П}_{\text{р.м}}$ – кількість робочих місць (визначається за планом цеху).

Загальну чисельність робітників цеху, як основних, так і допоміжних, округлюють до найближчого цілого числа.

Приклад оформлення результатів розрахунків чисельності основних і допоміжних робітників (за робочими місцями).

Чисельність управлінського персоналу встановлюють, виходячи з організаційної структури управління цехом (дільницею) на аналогічному підприємстві.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4 - Чисельність основних і допоміжних робітників цеху

Професія, спеціальність	Квалі- фікаційний розряд	Явочна чисельність по змінах		Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а			
Основні робітники						
Оператор змішувача, сушильної шафи, протирального верстата	5	1	1	2	1,14	3
Пресувальник	5	5	5	10	1,14	12
Шліфувальник	5	5	5	10	1,14	12
Разом		11	11	22		27
Допоміжні робітники						
Наладчик	6	1	1	2	1,14	3
Черговий слюсар- електрик	5	1	1	2	1,14	3
Транспортувальник- вантажник	2	1	1	2	1,14	3
Разом		3	3	6		9
Усього робітників		14	14	28		36

5.3 Визначення фонду заробітної плати

Затрати на оплату праці є одним з основних елементів собівартості продукції. Вона складається з:

- основної з/п;
- додаткової з/п;

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

– інших заохочувальних та компенсаційних витрат.

Основна зарплата – це винагорода за виконану працю відповідно з установленими нормами праці (норми часу, продуктивності, обслуговування, посадові зобов’язання).

Додаткова зарплата – це винагорода за працю окрім установленної норми, за успіхи в праці, за особливі умови праці, за винахідливість. Вона включає доплати, надбавки, премії, пов’язані з виконанням виробничих завдань і функцій.

До інших заохочувальних і компенсаційних виплат належать виплати за підсумками роботи за рік, премії по спеціальних системах і положеннях, компенсаційні грошові і матеріальні виплати, які не передбачені актами законодавства та ін.

Практична організація оплати праці ґрунтується на державному і договором регулювання її абсолютного рівня, а також механізмі визначення індивідуальної заробітної платні всіх окремих категорій працівників (робітників, фахівців, що служать, керівників) підприємства.

Основним організаційно-правовим інструментом обґрунтування диференціації заробітної плати працівників підприємств різних форм господарчої діяльності є тарифно-посадова система, елементи якої: тарифно-кваліфікаційні довідники; кваліфікаційні довідники посад керівників, спеціалістів і службовців; тарифні сітки й ставки; схема посадових окладів або єдина тарифна сітка.

Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій України наведена в таблиці 5.5.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,088	1,204	1,350	1,531	1,800	1,892	2,0
Зростання тарифних коефіцієнтів:								
абсолютне		0,088	0,116	0,146	0,181	0,269	0,092	0,108
відносне		8,8	10,7	12,1	13,4	1,7,6	5,1	5,7

Важливим елементом тарифної системи є тарифна ставка. Її абсолютну величину визначають згідно зі встановленим державою мінімальним розміром заробітної плати, тобто таким, нижче за яке вже не можна платити працівнику за виконану норму робочого часу. Так якщо на підприємстві погодинну тарифну ставку для першого розряду встановлено на рівні 28,31 грн., то ставка другого розряду становитиме 30,8 грн., третього 34,1 грн. і так далі.

Таблиця 5.6 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн	Річний фонд заробітної плати, грн
Керівники			
Начальник цеху	1	11000	132000
Майстер	1	8500	102000

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4
Разом	2		2340000
Спеціалісти			
Провідний інженер технолог	1	7500	102000
Разом	1		102000
Службовці та молодший обслуговуючий персонал (МОП)			
Обліковець	1	5000	60000
Комірник	1	4500	54000
Прибиральниця	1	4000	48000
Разом	3		162000
Усього по цеху (дільниці)	6		498000

Таблиця 5.7 – Розрахунок фонду заробітної плати основних і допоміжних робітників

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік		Основна заробітна плата, грн. (3×6)	Розрахунок додаткової заробітної плати, грн					Загальний фонд заробітної плати, грн. (7+12)
				Одного робітника	Усіх		Надбавки та доплати				Разом (8+9+10+11)	
							Премії (40% від основної заробітної плати)	За роботу в особливих умовах (18%)	Оплата відпусток (12%)	Інші доплати та надбавки (10%)		
Основні (технологічні) робітники												
Оператор змішувача, сушильної шафи, протирального верстата	5	43,34	3	1596	4788	207,5	31,1	10,4	20,8	10,4	72,7	280,2
Пресувальник	5	43,34	12	1596	19152	830,1	124,5	41,5	83	41,5	290,5	1120,6
Спікальник	5	43,34	12	1596	19152	830,1	124,5	41,5	83	41,5	290,5	1120,6
Разом						1867,7					653,7	2521,4
Допоміжні (обслуговуючі) робітники												
Наладчик	6	50,96	3	1596	4788	244	36,6	12,2	24,4	12,2	85,4	329,4
Черговий слюсар-електрик	5	43,34	3	1596	4788	207,5	31,1	10,4	20,8	10,4	72,2	280,2
Вантажник	2	30,8	3	1596	4788	147,5	22,13	7,4	14,8	7,4	51,7	199,2
Разом						599					209,8	808,8
Усього по цеху (виробничій дільниці)						2466,7						3330,2

5.4 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці розраховується як відношення річного об'єму виробництва до облікового складу всіх робітників цеху.

Таким чином, продуктивність праці (П) – це річний об'єм продукції, виготовленої в розрахунок на одного робітника цеху.

$$П = \frac{G}{\sum Ч},$$

де G – обсяг продукції, виготовленої цехом за рік, кг;

$\sum Ч$ – чисельність працівників усіх категорій (робітників, управлінського та обслуговуючого персоналу).

$$П = 18000 / (36 + 6) = 428,5 \text{ кг/особу.}$$

5.5 Розрахунок капітальний вкладень

Капітальні вкладення у виробничі фонди цеху, що проектується складаються з капітальних вкладень в основні фонди (придбання обладнання, транспортних засобів, оснастки інструменту, інвентарю та будівельно-монтажні роботи) та оборотних нормованих засобів (витрати на утворення запасів матеріалів, швидкозношуваних інструментів, запасних частин для поточного ремонту обладнання та ін.). Вартість транспортування устаткування та його монтаж і наладку приймаємо у розмірі 10% від його ціни. Розрахунок капітальних витрат на обладнання приведені в таблиці 5.1.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.8 – Розрахунок капітальних витрат на обладнання

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис.грн	Загальна вартість, тис.грн	Витрати на транспор- тування та монтаж, тис.грн	Всього, тис.грн
Основне технологічне устаткування					
Барабанний шнековий змішувач	1	105	105	10,5	115,5
Сушильна шафа ПВ16-2НУ-01	1	15	15	1,5	16,5
Протиральний верстат	1	19,5	19,5	1,95	21,5
Гідравлічний прес з ЧПУ «DORST»TPA10	5	59	295	29,5	324,5
Шліфувальний станок CUT200 Dedicated	5	30	150	15	165
Разом основне технологічне устаткування					643
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
Електроштаблер ЕШ- 188М	2	20	40	4	44
2. Інвентар	-	-	50	5	55
Ваги марки РП-150 Ц 13	1	8	8	0,8	8,8
Разом допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					107,8
Загалом по дільниці (виробничій дільниці)					750,8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ

Арк.

80

Капітальні вкладення у виробничі будівлі та споруди визначають, виходячи з об'єму ділянки і усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій та промислових проводок.

Визначаємо капітальні вкладення в будівництво підприємства. Довжина – 18 м, ширина – 12 м, висота – 6 м, загальною площею 216 м². Капітальні вкладення в будівельно-монтажні роботи визначаємо виходячи з площі та об'єму ділянки, а також нормативної вартості будівництва та санітарно - технічних робіт 1 м будівлі. Необхідно також враховувати витрати на будівництво фундаменту та майданчиків для обладнання.

Розрахунки капітальних вкладень (враховуючи середні ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт) на будівництво цеху приведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 - Розрахунки капітальних вкладень на будівництво цеху

Елементи капітальних вкладень	Одиниця вимірювання	Об'єм будівлі, м³	Вартість	
			Одиниці, грн	Загальна, тис.грн
Виробничі приміщення	м³	1296	3250	4 212
Водопостачання			35	45,4
Каналізація			30	38,9
Електропроводка			55	71,3
Вентиляція			75	97,2
Всього			4 464,8	
Зовнішній благоустрій	м²	136	75	10,2
Невраховані витрати			750	100
Загальна вартість будівлі			4 575	

Розраховуємо норматив оборотних коштів. Найбільшим за розміром є поточний запас матеріалів.

Середній поточний запас (Z_M) визначаємо за формулою:

$$Z_M = M_d \cdot \frac{T_{\text{пост}}}{2},$$

де M_d – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн;

$T_{\text{пост}}$ – інтервал між поставками матеріалів у днях (приймається в межах 15-30 днів).

Середньодобове споживання матеріалів визначається як вартість річної потреби в основних та допоміжних матеріалах, сировині, запасних частинах, інвентарю, спецодягу тощо, розділених на 240 (де 240 – розрахункове число днів за рік).

$$Z_M = 6\,583,5 \cdot 30 / 240 \cdot 2 = 411,5 \text{ тис. грн.}$$

Величину всіх інших елементів загального нормативу оборотних коштів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі та ін.) приймаємо на рівні 50% від розрахованого нормативу поточних запасів, що складає 411,5 тис. грн. Загальний розмір капіталовкладень у формування оборотних коштів дорівнює сумі вартості всіх вказаних елементів.

Таким чином, загальний річний норматив оборотних коштів ($H_{\text{заг}}$) по об'єкту, що проектується, складе:

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_M;$$

де Z_M – норматив поточних запасів.

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot 411,5 = 617,3 \text{ тис. грн.}$$

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після цього розраховують загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 5.10).

Таблиця 5.10 - Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
Будівля	4 575	76,99%
Устаткування		
Основне технологічне	643	10,83%
Допоміжне та підйомно-транспортне	107,8	1,82%
Норматив оборотних засобів	617,3	10,36%
Всього капіталовкладень у виробничі засоби	5 943,1	100%

5.6 Визначення планової собівартості одиниці продукції

З метою визначення економічної доцільності запроєктованого виробництва певного виду продукції розраховують її собівартість, яка являє собою грошовий вираз витрат підприємства на виробництво і реалізацію цієї продукції. Процес обчислення собівартості окремих видів продукції називають калькулюванням.

У промисловості найчастіше застосовується така номенклатура калькуляційних статей витрат:

- сировина і матеріали (за вирахуванням зворотних відходів);

- паливо та енергія на технологічні цілі;
- основна заробітна плата технологічних робітників;
- додаткова заробітна плата технологічних робітників;
- єдиний соціальний внесок;
- витрати на утримання і експлуатацію устаткування;
- загальновиробничі витрати;
- втрати внаслідок технічно неминучого браку;
- інші виробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на підготовку та освоєння нового виробництва;
- позавиробничі витрати на збут продукції.

Сума перших дев'яти статей становить виробничу собівартість, а сума всіх 12 статей – повну собівартість виготовленої продукції.

Для кожного об'єкта калькулювання вибирається калькуляційна одиниця – одиниця його кількісного вимірювання. Калькуляційна одиниця для продукції об'єкту, що проектується - порошкова металургія, виробництво спечених виробів та композиційних матеріалів - одна тонна, один кілограм, один виріб.

На стадії проектування складається планова калькуляція собівартості продукції, яка дозволяє здійснити техніко-економічне обґрунтування розробленого проекту цеху чи виробничої ділянки.

5.6.1 Розрахунок витрат на сировину і матеріали

Витрати на сировину і матеріали розраховуються як сума добутоків норм витрачання різних видів сировини й матеріалів (за даними матеріальних балансів табл. 1.3) та вартості одиниці відповідних видів сировини й матеріалів. Виконані розрахунки оформлюють по формі (табл. 5.8).

Значення коефіцієнта, що враховує додаткові транспортно-заготівельні

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

витрати, рекомендується приймати на рівні 1,1.

Таблиця 5.11 – Розрахунок вартості сировини основних і допоміжних матеріалів на річну виробничу програму

Найменування видів сировини і матеріалів	Одиниця виміру	Витрати на річну програму	Оптова ціна за одиницю, грн.	Коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати	Сума за річну потребу, тис.грн.
Сировина та основні матеріали					
Карбонільне залізо Р-100Ф-1	кг	16200	350	1,1	6237
Епоксидна смола ЭД-20	кг	1800	175	1,1	346,5
Всього вартість сировини та матеріалів					6583,5

5.6.2 Витрати на паливо та енергію

До цієї статті калькуляції відносять вартість річних затрат технологічних енергоносіїв: електроенергії, природного газу, пари, стиснутого повітря, гарячої води та ін. носіїв енергії. Суму витрат обчислюють у відповідності до норм витрат певних видів енергоресурсів і діючих тарифів та цін.

У разі відсутності норм витрат електроенергії використовують розрахунковий метод, за яким витрачання цього виду ресурсів визначають по встановленій потужності токоприймачів, планового фонду часу роботи відповідного устаткування та коефіцієнта втрат електроенергії.

Розрахунок кількості електроенергії та інших джерел енергоносіїв, яка необхідна для забезпечення нормальної роботи цеху приведений в енергетичному пункті див. таблицю 5.1 та 5.2.

Вартість витрат електричної енергії на освітлення та обладнання береться 2,62 грн. за кВт-год. Дані по енергозатратам приведені у таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Відомість витрат енергоносіїв (електроенергії, води)

Споживачі енергоносіїв	Вид енергоносія	Одиниця виміру	Річні витрати	Ціна електроенергії за 1 кВт-год	Вартість на рік, тис. грн
Операції у відповідності до технологічного процесу (технологічне та допоміжне устаткування)	електроенергія	кВт-год	18164,1	2,62	47,6
Освітлення виробничих та побутових приміщень	електроенергія	кВт-год	4171,5	2,62	10,93
Господарчо-санітарні потреби	технічна вода	тис. м ³	7	900	6,3
Загально річна вартість енергоносіїв					64,83

5.6.3 Оновна та додаткова заробітна плата

Стаття «Основна заробітна плата технологічних робітників» містить витрати на оплату праці за тарифними ставками, відрядними розцінками та посадовими окладами робітників, безпосередньо зайнятих виконанням технологічних операцій з виготовлення продукції.

Стаття «Додаткова заробітна плата технологічних робітників» включає премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій; надбавки й компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством. Визначається на рівні 5-20% від величини основної заробітної плати.

Професійно-кваліфікаційний склад технологічних робітників визначають по даним підприємства, де студент проходить переддипломну практику, або по нормам обслуговування технологічного обладнання (методом розстановки по робочим місцям). Вказана чисельність робітників вважається розстановочним штатом. Для визначення облікового штату розстановочна чисельність збільшується на коефіцієнт 1,14, який враховує додаткову чисельність персоналу на компенсацію чергових та додаткових відпусток, хвороб, скорочення робочого дня підліткам та ін. втрат робочого часу.

Розрахунок фондів заробітної плати основних та допоміжних робітників приведений в організаційному розділі (табл. 5.7). Загальний фонд основної та додаткової заробітної плати технологічних робітників складає 3 330 200 грн.

5.6.4 Єдиний соціальний внесок

Ця стаття містить обов'язкове відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. З 1 січня 2016 р. ставка ЄСВ складає 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати. Базою для нарахування ЄСВ слугує загальний фонд заробітної плати по цеху.

5.6.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

Стаття «Витрати на утримання і експлуатацію устаткування» є комплексною й охоплює амортизаційні відрахування на повне відтворення виробничого устаткування, підйомно-транспортних засобів; витрати на проведення усіх видів ремонту та міжремонтного обслуговування.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норматив витрат на цю статтю встановлюється кожним підприємством у відсотках до статті «Основна заробітна плата технологічних робітників» або до балансової вартості всього технологічного, допоміжного та підйомно-транспортного устаткування.

У разі відсутності даних по підприємству-аналогу, цей норматив можна приймати на рівні 0,3 % від розрахованої суми капіталовкладень у даний вид основних засобів (табл. 5.1):

$$750,8 * 0,3 = 225,24 \text{ тис. грн.}$$

5.6.6 Загальновиробничі та загальногосподарські витрати

До цієї статті планової калькуляції належать:

- амортизація основних фондів та нематеріальних активів загальновиробничого призначення;
- витрати на управління виробництвом в межах виробничого об'єкта, що проектується (оплата праці апарату управління цеху чи дільниці з відрахуваннями на соціальні заходи, витрати на службові відрядження, офісні витрати в межах цеху чи дільниці);
- витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних фондів загальновиробничого призначення;
- витрати на удосконалення технології та організації виробництва;
- витрати на освітлення, опалення, водопостачання виробничих приміщень;
- витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища та ін.

Загальновиробничі та загальногосподарські витрати встановлюють на рівні 175% від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників»:

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

$$1867,7 * 1,75 = 3268,5 \text{ тис. грн.}$$

5.6.7 Втрати внаслідок технічно неминучого браку та інші виробничі витрати

При калькулюванні собівартості продукції «Втрати внаслідок технічно неминучого браку» та «Інші виробничі витрати» часто об'єднують в одну статтю витрат, а іноді ці обидві статті включають до складу

«Загальновиробничих витрат». Норматив вказаних витрат встановлюється по даним підприємства-аналога, а при відсутності таких даних на рівні:

«Втрати внаслідок технічного неминучого браку» та «Інші виробничі витрати» 10% від основної заробітної плати технологічних робітників:

$$1867,7 * 0,1 = 186,8 \text{ тис. грн.}$$

5.6.8 Адміністративні витрати

Калькуляційна стаття «Адміністративні витрати» включає витрати на обслуговування та управління підприємством: оплата праці працівників апарату управління підприємством з відрахуванням на соціальні заходи; утримання, ремонт та обслуговування загальнозаводських основних фондів; витрати на підготовку та перепідготовку кадрів; оплата послуг банків; страхування майна підприємства; витрати на сторожову та пожежну охорону; податки та інші обов'язкові платежі тощо.

Значення цієї статті витрат встановлюється у відповідності до нормативу підприємства-аналогу, бо на різних підприємствах адміністративні витрати коливаються в межах 60% від основної заробітної плати технологічних робітників:

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1867,7 * 0,6 = 1120,6 \text{ тис. грн.}$$

5.6.9 Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва

До цієї статті належать витрати:

- на підготовку та освоєння нової продукції;
- на освоєння нових технологічних процесів;
- на запуск у виробництво нових цехів, дільниць і окремих агрегатів;
- на винахідництво і раціоналізацію та деякі інші.

Норматив вказаних витрат встановлюють за даними підприємства-аналога, а у разі їх відсутності на рівні 40% від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників»:

$$1867,7 * 0,4 = 747,08 \text{ тис. грн.}$$

5.6.10 Позавиробничі витрати на збут продукції

Дана стаття включає витрати на реалізацію продукції підприємства:

- відшкодування вантажно-розвантажувальних, складських, пакувальних, транспортних і страхових витрат;
- маркетингові витрати (реклама, участь у виставках, дослідження ринку);
- витрати на гарантійний ремонт та гарантійне обслуговування;
- сплата експортного мита, митних зборів тощо.

Величину витрат по цій статті студент уточнює під час переддипломної практики.

У відсотках до виробничої собівартості (сума 9-ти перших статей калькуляції) витрати на збут становлять близько 7,5%.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.6.11 Складання планової калькуляції собівартості продукції

На основі виконаних розрахунків розробляємо основний документ економічної частини проекту планова калькуляція собівартості продукції (табл. 5.13).

Річна продуктивність цеху становить 18000 кг, маса виробу складає 3,62 г., то річна продуктивність відповідно 4972376 шт./рік.

Тому повна собівартість 1 кг продукції складає $16\,393\,500/18000=910$ грн/кг, або $16\,393\,50/4\,972\,376=6,3$ грн/шт.

Таблиця 5.13 – Планова калькуляція собівартості продукції

Статті витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Планова ціна за одиницю, грн.	Витрати на річну програму, тис.грн.
Основні матеріали	кг	16200	350	6 237
Карбонільне залізо	кг	1800	175	346,5
Епоксидна смола	кг	1800	175	346,5
Паливо та енергія для технологічних цілей	кВт-год	18164,1	2,62	47,6
Електроенергія				
Основна заробітна плата технологічних робітників				1867,7
Додаткова заробітна плата технологічних робітників				653,7
Єдиний соціальний внесок (22%)				554,7
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування				225,24

Продовження таблиці 5.13

Загальновиробничі та		3268,5

загальногосподарські витрати		
Втрати внаслідок технічного неминучого браку		186,8
Позавиробничі витрати на збут продукції		1088,1
Інші виробничі витрати		50
Всього повна собівартість річного обсягу виробництва продукції		16393,5

5.7 Оцінка ефективності проектних рішень

Порівняння здійснюємо за такими показниками:

- трудомісткість продукції (зворотний показник продуктивності живої праці);
- капіталомісткість (фондомісткість) продукції;
- період окупності капітальних витрат.

Трудомісткість продукції визначається як відношення витраченої кількості праці до загального обсягу виробленої продукції. Технологічна трудомісткість одиниці продукції розраховується як сума витрат часу по окремим операціям технологічного процесу. Менш точно технологічну трудомісткість (t) у нормо-годинах можна вирахувати за формулою:

$$t = \frac{\chi_{\text{ос}} \cdot \Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}}{G},$$

де $\chi_{\text{ос}}$ – загальна чисельність основних (технологічних) робітників, осіб;

$\Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}$ – плановий ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік, год.;

G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$t = \frac{27 \cdot 1596}{18000} = 2,394 \text{ нормо – годин/кг.}$$

Капіталомісткість (фондомісткість) продукції (K_G) визначається як величина загальних капітальних витрат ($K_{\text{заг}}$) у будівництво чи реконструкцію цеху, на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції:

$$K_G = \frac{K_{\text{заг}}}{G};$$

$$K_G = \frac{5943100}{18000} = 330,2 \text{ грн/кг.}$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат ($P_{\text{ок}}$), який має критеріальний характер:

$$P_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\Gamma\Pi_p} < P_{\text{ок}}^{\text{н}},$$

де $\Gamma\Pi_p$ – річна сума грошового потоку, грн;

$P_{\text{ок}}^{\text{н}}$ – нормативний період окупності, років.

Грошовий потік за рік розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань, визначених за рік експлуатації спроектованого студентом об'єкту:

$$\Gamma\Pi_p = 0,82 \cdot (\text{Ц} - C_{\text{п}}) \cdot G + \sum A,$$

де 0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

Ц – ринкова ціна одиниці продукції, грн;

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_{\text{п}}$ – повна собівартість одиниці продукції, грн;

ΣA – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних фондів та встановлених норм амортизаційних відрахувань (табл. 5.14).

Таблиця 5.14 – Загальна річна сума амортизаційних відрахувань.

Об'єкт амортизації	Ціна, грн	Відсоток амортизації	Сума амортизаційних відрахувань, грн
Будівлі	4575000	8	366000
Обладнання	750750	24	180180
Всього амортизаційних відрахувань			546180

$$\text{ГП}_p = 0,82 \cdot (12 - 6,3) \cdot 18000 + 546180 = 630312 \text{ грн.}$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат ($\text{П}_{\text{ок}}$), який має критеріальний характер:

$$\text{П}_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{\text{ГП}_p} < \text{П}_{\text{ок}}^{\text{н}},$$

де ГП_p – річна сума грошового потоку, грн;

$\text{П}^{\text{н}}$ – нормативний період окупності, років.

$$\text{П}_{\text{ок}} = \frac{5943100}{630312} = 9,4 \text{ роки.}$$

Робимо висновок, що розроблений проект є економічно доцільним.

Всі витрати на створення виробництва осердь кільцевої форми

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

окупаються приблизно через 9,4 роки.

Перелік техніко-економічних показників наведений в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Перелік техніко-економічних показників

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
Річний плановий обсяг виробництва продукції (G)	кг	18000
Загальна площа цеху	м ²	216
Виробнича площа цеху	м ²	102
Капіталомісткість продукції (K_G)	грн	330,2
Загальна чисельність працівників	осіб	42
Загальний річний фонд заробітної плати	грн	3330200
Середньомісячна зарплата одного працівника	грн	7783,3
Річний виробіток на одного працівника	кг/особу	428,5
Технологічна трудомісткість продукції (t)	нормо-години/кг	2,394
Повна собівартість одиниці продукції	грн/кг	910
Період окупності (P_{OK})	років	9,4

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті спроектовано цех для виробництва осердь імпульсних трансформаторів, що працюють на високих частотах, з продуктивністю 18 т/рік. Було встановлено, що найефективнішим матеріалом для виготовлення осердь є карбонільне залізо, змішане з епоксидною смолою за допомогою ацетону. Після цього здійснюється сушка в шафі та протирання матеріалу. Подальша обробка включає тепле пресування при тиску 600 МПа та температурі 120 °С, що забезпечує полімеризацію та формування виробу. Також розглянуто та розраховано матеріальний баланс і вибір обладнання, необхідного для виготовлення осердь.

Організаційно-економічний аналіз проекту показав, що дослідження є доцільним з економічної точки зору. Після проведення аналізу умов виробництва, зокрема мікроклімату, освітлення, вібрації, шуму, електричної та пожежної безпеки, встановлено, що всі показники відповідають допустимим нормам. При дотриманні встановлених правил підприємство не порушує вимог охорони праці.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Глушко В.В.			ВИСНОВКИ		
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.					
Затверд.		Богомол Ю. І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						96	
					НТУУ«КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-321мп		

CONCLUSIONS

The diploma project involves designing a workshop for the production of high-frequency impulse transformer cores with an output of 18 tons per year. It was determined that the most effective material for the cores is carbonyl iron mixed with epoxy resin using acetone. Following this, the material is dried in a cabinet and sieved. Subsequent processing includes warm pressing at a pressure of 600 MPa and a temperature of 120°C, ensuring polymerization and product formation. Additionally, the material balance and the selection of equipment necessary for core production were calculated and established.

The organizational and economic analysis of the project demonstrated that the research is economically viable. After analyzing the production conditions, including microclimate, lighting, vibration, noise, electrical safety, and fire safety, it was confirmed that all indicators are within permissible norms. By adhering to the established rules, the enterprise does not violate labor protection requirements.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	CONCLUSIONS		
Розроб.		Глушко В.В..					
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О..					
Затверд.		Богомол Ю. І.			Лім. Арк. Аркушів 97 НТУУ«КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-321мп		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 Шатта В. Порошковая металлургия спеченные и композиционные материалы / В. Шатта. – М. : «Металлургия», 1983 – 520 с.
- 2 Рейнбот Герман Магнитные материалы и их применение / Герман Рейнбот . – Ленинград : Энергия, ЛО, 1974 . – 383 с.
- 3 Преображенский А.А Магнитные материалы и элементы /А.А. Преображенский , Е.Г. Бишард. – М. : Высшая школа, 1986. – 352 с
- 4 Влияние количества порошкового наполнителя из нанокристаллического сплава FINEMET и типа полимерного связующего на магнитные и электрические свойства композитов // В.А. Маслюк, Б.С. Байталюк, Г.А. Баглюк, В.К. Носенко / Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы – 2013. – №1. – 237–246.
- 5 Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук / А.М. Степанчук. – К. : ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2006. – 410 с.
- 6 Евдокимов В.Д. Технология упрочнения машиностроительных материалов: Учебное пособи-справочник / В.Д. Евдоким, Л.П. Клименко, А.Н. Евдокимова. – Одеса: издательство НГГУ им. Петра Могилы, 2005. – 352 с.
- 7 Кипарисов С.С. Оборудование предприятий порошковой металлургии: Учебник для вузов / С.С. Кипарисов, О.В. Падалко. – М. : Металлургия, 1988. – 448 с.
- 8 Степанчук А.Н. Технология порошковой металлургии[Текст]/ А.Н.Степанчук,И.И.Билык, П.А.Бойко. – К.: Выща шк., Головное изд-во, 1989. – 415 с.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Глушко В.В.			ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ		
Перевір.		Бірюкович Л.О.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.					
Затверд.		Богомол Ю. І.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						98	
					НТУУ «КПІ» Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-з21мп		

9 Спеченные материалы для электротехники и электроники : справочник [Текст] / Г. Г. Гнесин, В. А. Дубок, Г. Н. Братерская [и др.]. – М. : Металлургия, 1983. – 248 с.

10 Мишин Д. Д. Магнитные материалы : учеб. пособие для вузов [Текст]/ Д. Д. Мишин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1991. – 384 с.

11 Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения : Справочник. [Текст] / И.М. Федорченко, И.Н. Францевич, И.Д. Радомысельский [и др.] – Киев: Наук. Думка, 1985. – 624 с

12 Кипарисов С.С, Оборудование предприятий порошковойметаллургии : учебн. для вузов [Текст] /Падалка О.В.–М.: Металлургия, 1988.-448

13 Государственные санитарные правила и нормы :ДСаНПиН 3.3.2-007-98. – [Чинний від 1998-12-10].– К. : Міністерство охорони здоров'я України.Головний державний санітарний лікарь України, 1998.

14 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень :ДСН 3.3.6.042-99. – [Чинний від 1999-12-01].– К.: Міністерство охорони здоров'я України. Головний державний санітарний лікар України, 1999.

15 Природне та штучне освітлення :ДБН В.2.5.28-2006. –[Чинний від 2006-05-15]. – К. : Міністерства будівництва, архітектури та житловокомунального господарства України, 2006.

16 Заземлення і захисні заходи електробезпеки: ПУЕ-7. – [Чинний від 2006-08-28]. – К : Міністерство палива і енергетики України, 2006.

17 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою :НАПБ Б.03.002-2007. – [Чинний від 2007-12-03]. – К. : Український науково-дослідницький інститут пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МЧС України, 2007.

18 Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5-56:2014. – [Чинний від 2014-11-13]. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

19 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення :ДБН В.2.5.-28-2006. – [Чинний від 2006-05-15].– К.:Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006.

20 Методичні матеріали та завдання до практичних занять на тему «Мікроклімат робочої зони, оздоровлення повітряного середовища та нормалізація мікроклімату й теплозахисту» з дисципліни "Основи охорони праці"/ Уклад.: Праховнік Н.А., Качинська Н.Ф., Арламов О.Ю., Чикунова-Васильєва Н.П.

21 Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст] :ДСН 3.3.6.042-99. – Чинний з 1999-12-01. – Київ : Міністерство охорони здоров'я, 1999. – 10 с.

22 Охорона праці та цивільний захист: Підручн. / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська за ред. О. Г. Левченка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, «Основа», 2019. – 472 с.

23 Методичні матеріали та завдання до практичних занять на тему «Виробниче освітлення» з дисципліни "Основи охорони праці"/ Уклад.: Полукаров О.І., Качинська Н.Ф., Ільчук О.С., Ковтун А.І..

24 Державні будівельні норми України. Природне і штучне освітлення [Текст] : ДБН В.2.5-28-2006. – Чинний з 2006-05-15. – Київ : Мінбуд України, 2006. – 76 с.

25 Методичні матеріали та завдання до практичних занять на тему «Методичні матеріали та завдання до практичних занять на тему "Захист від шуму, ультразвуку та інфразвуку у виробничому середовищі" з дисципліни "Основи охорони праці"/ Уклад.: Демчук Г.В., Качинська Н.Ф., Арламов О.Ю.. К.: 2017. - 28 с.

26 Охорона праці та цивільний захист: Підручник для студ., які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний, Ю. О. Полукаров, О. В. Землянська за ред. О. Г. Левченка. – Київ: КПІ ім. Ігоря

					Арк.
					100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Сікорського, 2018. – 417с. режим доступу
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/26895>

27 Гігієнічні регламенти хімічних речовин у повітрі робочої зони
[Електронний ресурс] : Наказ МОЗ України від 03.08.2020 р. No No 741/35024.
– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20#Text>.

					ФН01.9112.1103.0003.01ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ФН01.9112.1103.011.02АС	Апаратурно-	1	
				технологічна схема		
				<u>Деталі</u>		
		1	ФН01.9112.1103.011.02АС	Технічні терези		
		2	ФН01.9112.1103.011.02АС	Кульовий млин		
		3	ФН01.9112.1103.011.02АС	Протиральне сито		
		4	ФН01.9112.1103.011.02АС	Гідравлічний прес		
		5	ФН01.9112.1103.011.02АС	Електроерозійний станок		
					ФН01.9112.1103.011.02АС	
			ПІБ	Підп.		
Розробн.	Глушко В.В.				АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	Лист
Керівн.	Мініцький А.В.					Листів
Консульт.						1
Н/контр.	Бірюкович Л.О.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-01
Зав.каф.	Богомол Ю. І.					

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
A1			ФН01.9112.1103.011.03СА	Гідралічний прес	1	
				Деталі		
		1	ФН01.9112.1103.011.03СА	Рама		
		2	ФН01.9112.1103.011.03СА	Верхня балка		
		3	ФН01.9112.1103.011.03СА	Опорна балка		
		4	ФН01.9112.1103.011.03СА	Дві опорні призми		
		5	ФН01.9112.1103.011.03СА	Гідроциліндр		
		6	ФН01.9112.1103.011.03СА	Основа		
		7	ФН01.9112.1103.011.03СА	Манометр		
		8	ФН01.9112.1103.011.03СА	Насос		
		9	ФН01.9112.1103.011.03СА	Набір накінецьників		
				ФН01.9112.1103.011.03СА		
			ПІБ	Підп.	Дата	
Розробн.	Глушко В.В.				ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРЕС	Лист
Керівн.	Мініцький А.В.					Листів
Консульт.						1
Н/контр.	Бірюкович Л.О.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-01
Зав.каф.	Богомол Ю. І.					

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
A1			ФН01.9112.1103.011.04ПД		1	
				Обладнання		
		1	ФН01.9112.1103.011.04ПД	Технічні терези	1	
		2	ФН01.9112.1103.011.04ПД	Кульовий млин	1	
		3	ФН01.9112.1103.011.04ПД	Протиральне сито	1	
		4	ФН01.9112.1103.011.04ПД	Гідравлічний прес	3	
		5	ФН01.9112.1103.011.04ПД	Електроерозійний	6	
				станок		
			</			