

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ імені
Є.О.ПАТОНА

Кафедра ливарного виробництва

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Михайло ЯМШИНСЬКИЙ
“___” _____ 2026 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 136 «Металургія»

за освітньо-професійною програмою «Комп’ютеризовані процеси лиття»
на тему: «Технологічний процес виготовлення чавунного виливка «Фланець
напівмуфти» та організація роботи відділення фінішних операцій»

Виконав: здобувач ВО IV курсу, групи ФЛ-21

	Шматков Гліб Володимирович	_____
		(підпис)
Керівник	ст. викл., PhD Смірнова Я. О.	_____
		(підпис)
Консультант з охорони праці	д.т.н., проф. Левченко О. Г.	_____
		(підпис)
Консультант з економічної частини	к.е.н., доц. Нараєвський С. В.	_____
		(підпис)
Консультант з нормоконтролю	д.т.н., доц. Лютий Р. В.	_____
		(підпис)
Рецензент	проф., д.т.н., проф. Мініцький А. В.	_____
		(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____

Київ – 2026 р.

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№з/п	Формат	Позначення			Найменування	К-сть аркушів	Примітка
1	A4				Завдання на дипломне проєктування	1	
2	A4	ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ			Пояснювальна записка	106	
3	A1	ФЛ21.2106.0001.0001ДП			Виливок	1	
4	A1	ФЛ21.2106.0001.0002ДП			Модельна плита з моделями виливків	1	
5	A1	ФЛ21.2106.0001.0003ДП			Стрижневий ящик	1	
6	A1	ФЛ21.2106.0001.0004ДП			Форма в складеному вигляді	1	
7	A1	ФЛ21.2106.0001.0005ДП			Відділення фінішних операцій	1	
8	A1	ФЛ21.2106.0001.0006ДП			Барабан дробометний	1	
		ПІБ	Підп	Дата	ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ		
Розробн.	Шматков Г.В.				ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ	Лист	Листів
Керівник	Смірнова Я.О.					1	1
Консульт.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	
Н/контр.	Лютий Р. В.						
Зав. каф.	Ямшинський М.М.						

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона
Кафедра ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»

Спеціальність 136 Металургія

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ
“ ” _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Шматкову Глібу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: «Технологічний процес виготовлення чавунного виливка «Фланець напівмуфти» та організація роботи відділення фінішних операцій».

керівник проєкту Смірнова Яна Олександрівна, доктор філософії

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 28 » травня 2026 року №1986-с

2. Строк подання здобувачем ВО проєкту 08 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Проектна потужність ливарного комплексу – 6500 тонн придатних виливків на рік. Номенклатура сталевих та чавунних виливків, що виготовляють литтям у піщано-глинясті форми. Креслення деталі «Фланець напівмуфти» з чавуну СЧ200 масою 26 кг.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 4.1 Аналіз виробничої програми ливарного цеху; 4.2 Режими роботи і фонди часу роботи устаткування і робітників; 4.3 Розрахунок відділення фінішних операцій; 4.4 Технологія виготовлення виливка; 4.5 Проєктування ливарного устаткування; 4.6 Економічний розділ; 4.7 Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
5.1 Відділення фінішних операцій; 5.2 Креслення деталі «Фланець напівмуфти» з елементами ливарної форми; 5.3 Стрижневий ящик; 5.4 Складальне креслення модельної плити з нижньою напівмоделлю; 5.5 Форма у складеному вигляді; 5.6 Барабан дробометний 42233

6. Консультанти розділів дипломного

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Левченко О.Г., зав. каф.		
Економічна частина	Нараєвський С.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 20 травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз виробничої програми ливарного цеху	20.05.26-22.06.2026	
2	Визначення режиму роботи і фондів часу роботи устаткування і робітників	22.05.2026	
3	Розрахунок відділення фінішних операцій	25-27.05.2026	
4	Розроблення технології виготовлення виливка	до 27.05.2026	
5	Розрахунок та проєктування устаткування	29.05-03.06.2026	
6	Виконання економічної частини проєкту	до 04.06.2026	
7	Виконання частини проєкту з охорони праці	до 04.06.2026	
8	Виконання графічної частини проєкту	до 05.06.2026	
9	Оформлення розділів дипломного проєкту	до 08.06.2026	
10	Рецензування дипломного проєкту	до 16.06.2026	

Здобувач

Гліб ШМАТКОВ

Керівник

Яна СМІРНОВА

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ**

на тему: «Технологічний процес виготовлення чавунного виливка «Фланець
напівмуфти» та організація роботи відділення фінішних операцій»

Київ – 2026

РЕФЕРАТ

Технологічний процес виготовлення чавунного виливка «Фланець напівмуфти» та організація роботи відділення фінішних операцій

Шматков Гліб Володимирович

Дипломний проєкт: 106 стор., 49 табл., 11 рис.

Об'єкт проєктування – технологічний процес виготовлення чавунного виливка «Фланець напівмуфти» масою 26 кг із сірого чавуну СЧ200 литтям у разові піщано-глинясті форми.

Предмет проєктування – технологія виготовлення виливка та організація роботи відділення фінішних операцій ливарного цеху.

Результатами проєктування є розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Фланець напівмуфти», проєктування ливарної форми, розрахунок ливникової системи, вибір формувальних і стрижневих сумішей, розрахунок та вибір обладнання відділення фінішних операцій, а також визначення основних техніко-економічних показників його роботи.

Результати проєктування можуть бути рекомендовані для використання на ливарних підприємствах, що спеціалізуються на виготовленні чавунних виливків у піщано-глинястих формах.

Галузь використання – ливарне виробництво та машинобудування.

ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО, ЧАВУН СЧ200, ФЛАНЕЦЬ НАПІВМУФТИ, ПІЩАНО-ГЛИНЯСТА ФОРМА, ЛИВНИКОВА СИСТЕМА, СТРИЖЕНЬ, ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ, ГАЛТУВАЛЬНИЙ БАРАБАН, ДРОБОМЕТНЕ ОЧИЩЕННЯ.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розроб.		Шматков					
Перевір.		Смірнова					
Н. Контр.		Лютин					
Затверд.		Ямшинський			КПІ ім. Ігоря Сікорського		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	106

ABSTRACT

Technological Process of Manufacturing the Cast Iron Casting “Half-Coupling Flange” and Organization of the Finishing Operations Department

Hlib Shmatkov

Bachelor’s Degree Project: 106 pages, 49 tables, 11 figures.

Object of design – technological process of manufacturing the cast iron casting “Half-Coupling Flange” weighing 26 kg from gray cast iron grade SCH200 by casting into disposable sand-clay molds.

Subject of design – casting manufacturing technology and organization of the finishing operations department of a foundry.

The project results include development of the manufacturing technology for the “Half-Coupling Flange” casting, design of the mold, calculation of the gating system, selection of molding and core mixtures, calculation and selection of equipment for the finishing operations department, and determination of the main technical and economic indicators of its operation.

The project results can be recommended for implementation at foundry enterprises specializing in the production of cast iron castings in sand-clay molds.

Field of application – foundry engineering and mechanical engineering.

FOUNDRIY PRODUCTION, GRAY CAST IRON SCH200, HALF-COUPLING FLANGE, SAND-CLAY MOLD, GATING SYSTEM, CORE, FINISHING OPERATIONS DEPARTMENT, TUMBLING DRUM, SHOT BLAST CLEANING.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT		
Розроб.	Шматков						
Перевір.	Смірнова						
Н. Контр.	Лютин						
Затверд.	Ямшинський				КПІ ім. Ігоря Сікорського		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						7	106

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ	11
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЦТВА. ВИБІР ТИПУ ЦЕХУ	15
3 СТРУКТУРА ЦЕХУ	16
4 КОМПОНУВАННЯ ЦЕХУ	19
5 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ	21
6 РОЗРАХУНОК ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ	24
6.1 Загальна схема роботи відділення.....	24
6.2 Розрахунок завантаження відділення	26
6.3 Склади та комори відділення фінішних операцій	29
6.4 Вибір обладнання та розрахунок його кількості.....	30
6.5 Опис основного обладнання відділення фінішних операцій та принцип його роботи ..	34
7 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА	39
7.1 Загальна характеристика деталі	39
7.2 Аналіз конструкції деталі	40
7.3 Вибір технологічного процесу	41
7.4 Вибір положення вилівка в формі	42
7.5 Припуски на механічне оброблення	43
7.6 Проектування стрижня.....	44
7.7 Вибір опок	45
7.8 Проектування ливникової системи	48
7.8.1 Вибір типу та місця підводу розплаву.....	48
7.8.2 Розрахунок ливникової системи.....	48
7.9 Формувальні та стрижневі суміші	52
7.9.1 Формувальна суміш	52
7.9.2 Стрижнева суміш.....	53
8 РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ	55
8.1 Розрахунок галтувального барабану типу 14212	55
8.2 Потужність приводу барабана	55
9 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	58

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Шматков				Літ.	Арк.
Перевір.		Смірнова					8
						Акрушів	
						106	
Н. Контр.		Лютин				КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Затверд.		Ямшинський					

9.1	Витрати електроенергії	58
9.2	Витрати стисненого повітря	61
9.3	Витрати води	61
9.4	Витрати палива	62
10	БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	63
11	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	64
11.1	Розрахунок чисельності працівників відділення фінішних операцій	64
11.2	Розрахунок фонду оплати праці працівників відділення фінішних операцій	68
11.3	Визначення продуктивності праці	72
11.4	Розрахунок капітальних вкладень	74
11.5	Розрахунок експлуатаційних витрат відділення фінішних операцій	76
11.6	Розрахунок собівартості обробки виливків.....	79
11.7	Основні техніко-економічні показники роботи відділення	80
12	ОХОРОНА ПРАЦІ	82
12.1	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	84
12.2	Дослідження параметрів мікроклімату та стану повітря робочої зони	85
12.3	Дослідження рівнів шуму, вібрації та виробничого освітлення	89
12.4	Електробезпека та пожежна безпека	92
12.5	Заходи щодо поліпшення умов праці у відділенні фінішних операцій.....	95
	ВИСНОВКИ.....	97
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98
	ДАДАТКИ	101

ВСТУП

Ливарне виробництво є одним із найважливіших способів отримання металевих заготовок і деталей. Його суть полягає в заповненні спеціальної форми розплавленим металом з подальшим охолодженням та затвердінням. Завдяки своїй ефективності цей метод широко використовується в промисловості й сьогодні.

Серед основних переваг лиття слід відзначити можливість виготовлення деталей складної геометричної форми, зменшення обсягів механічної обробки та раціональне використання металу шляхом переплавлення відходів виробництва. Крім того, ливарне обладнання та організація виробництва зазвичай потребують менших капітальних витрат порівняно з деякими іншими способами отримання заготовок.

Найбільш поширеним методом залишається лиття у піщано-глинясті форми. Його широке застосування обумовлене доступністю формувальних матеріалів, простотою технологічного процесу та надійністю обладнання. Цей спосіб дає змогу отримувати значну номенклатуру виливків різного призначення з необхідними експлуатаційними характеристиками.

Типовий ливарний цех включає кілька взаємопов'язаних виробничих відділень: плавильне, сумішеприготувальне, формувальне, стрижневе та відділення фінішних операцій. Кожне з них виконує окремі функції в загальному технологічному процесі виготовлення виливків.

Метою даного дипломного проєкту є проєктування відділення фінішних операцій для ливарного цеху, що спеціалізується на виробництві дрібних чавунних і сталевих виливків.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Шматков			ВСТУП		
Перевір.		Смірнова					
Н. Контр.		Лютий					
Затверд.		Ямшинський					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						10	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

Згідно з завданням на дипломний проєкт потужність цеху лиття в піщано-глинясті форми складає: 6500 тонн/рік.

Номенклатура виливків даного виробництва наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків виробництва

Номер п/п	Найменування виробів і виливків	Маса виливка, кг	Кількість виливків на 1 виріб	Марка сплаву	Режим т/о
1	Кронштейн лівий	1,9	1	СЧ250	Відпал
2	Кронштейн правий	1,9	1	СЧ250	
3	Корпус підшипника	3,3	4	СЧ200	
4	Втулка	1,6	4	СЧ200	
5	Стріла права передня	66,2	1	СЧ250	
6	Стріла ліва передня	66,2	1	СЧ200	
7	Півмуфта	60,4	1	СЧ250	
8	Кришка	70,1	1	СЧ250	
9	Шків 1	9,4	2	СЧ200	
10	Кронштейн 3	3,8	2	СЧ200	
11	Шків 2	7,2	1	СЧ200	
12	Кришка 2	2,05	1	СЧ250	
13	Кришка 3	3,4	1	СЧ250	
14	Фланець напівмуфти	26	1	СЧ200	
15	Корпус	5,3	1	СЧ200	
16	Кронштейн	2,7	2	СЧ150	
17	Штурвал	3,9	1	20Л	Нормалізація плюс відпуск
18	Штуцер	6,8	8	20Л	
19	Стакан	12,5	2	20Л	
20	Барабан	43,2	2	25Л	
21	Колодка	27,7	1	25Л	
22	Повзун	25,6	1	25Л	

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ		
Розроб.	Шматков						
Перевір.	Смірнова						
Н. Контр.	Лютин						
Затверд.	Ямшинський						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						11	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

Програми виробництва виливків окремо по чавуну та сталі наведено в таблицях 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Виробнича програма чавунних виливків

Найменування виливків	Матеріал виливка	Габаритні розміри виливка, мм	Кількість на виріб, шт	Маса одного виливка, кг	Маса комплекту, кг
1	2	3	3	4	5
Кронштейн лівий	СЧ250	105x75x40	1	1,9	1,9
Кронштейн правий	СЧ250	105x75x40	1	1,9	1,9
Корпус підшипника	СЧ200	Ø105x60	1	3,3	13,2
Втулка	СЧ200	Ø85x55	4	1,6	6,4
Стріла права передня	СЧ250	410x240x105	4	66,2	66,2
Стріла ліва передня	СЧ200	410x240x105	1	66,2	66,2
Півмуфта	СЧ250	Ø545x220	1	60,4	60,4
Кришка	СЧ250	440x285x85	1	70,1	70,1
Шків 1	СЧ200	Ø175x70	1	9,4	18,8
Кронштейн 3	СЧ200	125x90x55	2	3,8	7,6
Шків 2	СЧ200	Ø165x60	2	7,2	7,2
Кришка 2	СЧ250	110x85x40	1	2,05	2,05
Кришка 3	СЧ250	140x95x40	1	3,4	3,4
Фланець напівмуфти	СЧ200	Ø455x160	1	26	26
Корпус	СЧ200	Ø260x105	1	5,3	5,3
Кронштейн	СЧ150	275x150x100	1	2,7	5,4
ВСЬОГО					Σ = 362,05

Продукція чавунних та сталевих виливків розділяється за масовими групами:

- перша масова група – менше 20 кг;
- друга масова група – від 20 кг та більше.

Для власних потреб приймаються 10 % від виробничої програми ливарного цеху.

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Виробнича програма сталевих виливків

Найменування виливків	Матеріал вилівка	Габаритні розміри вилівка, мм	Кількість на виріб, шт	Маса одного вилівка, кг	Маса комплекту, кг
1	2	3	3	4	5
Штурвал	20Л	Ø120x60	1	3,9	3,9
Штуцер	20Л	Ø90x150	8	6,8	54,4
Стакан	20Л	Ø175x80	2	12,5	25
Барабан	25Л	Ø255x145	2	43,2	86,4
Колодка	25Л	Ø215x115	1	27,7	27,7
Повзун	25Л	460x150x55	1	25,6	25,6
ВСЬОГО					$\Sigma = 223,0$

Продукція чавунних та сталевих виливків розділяється по масовим групам.

Перша масова група – менше 20 кг;

Друга масова група – від 20 кг та більше.

Для власних потреб приймається 10 % від виробничої програми ливарного цеху.

За отриманою загальною масою виливків на виріб з таблиць 1.2 та 1.3 (Σ) та відомою потужністю цеху окремо для чавуну та сталі розраховується річна кількість виробів за формулою:

$$N = \frac{P}{\Sigma M}, \quad (1.1)$$

де P – потужність цеху по чавуну та сталі, кг;

ΣM – загальна маса виливків на виріб, кг.

$$N = \frac{6500000}{(223 + 362,05)} = 11110 \text{ виробів.}$$

Подетальна, точна програма виробництва виливків наведена в таблиці 1.4.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Подетальна програма випуску виливків заводу потужністю 6500 тонн/рік

№	Найменування виробів і виливків	Маса виливка, кг	Кількість виливків на 1 виріб	Маса виливків на один виріб, кг	Марка сплавів	Річна програма випуску виливків					
						на основну програму (90 %)		на запасні частини (10 %)		всього	
						шт	т	шт	т	шт	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Чавун											
До 20 кг											
1	Кронштейн лівий	1,9	1	1,9	СЧ250	9999	19,00	1111	2,11	11110	21,11
2	Кронштейн правий	1,9	1	1,9	СЧ250	9999	19,00	1111	2,11	11110	21,11
3	Корпус підшипника	3,3	4	13,2	СЧ200	39996	131,99	4444	14,67	44440	146,65
4	Втулка	1,6	4	6,4	СЧ200	39996	63,99	4444	7,11	44440	71,10
5	Кронштейн 3	3,8	2	7,6	СЧ200	19998	75,99	2222	8,44	22220	84,44
6	Шків 2	7,2	1	7,2	СЧ200	9999	71,99	1111	8,00	11110	79,99
7	Кришка 2	2,05	1	2,05	СЧ250	9999	20,50	1111	2,28	11110	22,78
8	Кришка 3	3,4	1	3,4	СЧ250	9999	34,00	1111	3,78	11110	37,77
9	Шків 1	9,4	2	18,8	СЧ200	19998	187,98	2222	20,89	22220	208,87
10	Кронштейн	2,7	2	5,4	СЧ150	19998	53,99	2222	6,00	22220	59,99
11	Корпус 2	5,3	1	5,3	СЧ200	9999	52,99	1111	5,89	11110	58,88
Понад 20 кг											
12	Стріла права передня	66,2	1	66,2	СЧ250	9999	661,93	1111	73,55	11110	735,48
13	Стріла ліва передня	66,2	1	66,2	СЧ200	9999	661,93	1111	73,55	11110	735,48
14	Півмуфта	60,4	1	60,4	СЧ250	9999	603,94	1111	67,10	11110	671,04
15	Кришка	70,1	1	70,1	СЧ250	9999	700,93	1111	77,88	11110	778,81
16	Фланець напівмуфти	26	1	26	СЧ200	9999	259,97	1111	28,89	11110	288,86
Всього по чавуну						249975	3620,14	27775	402,24	277750	4022,38
Сталь											
До 20 кг											
17	Штурвал	3,9	1	3,9	20Л	9999	39,00	1111	4,33	11110	43,33
18	Шпундер	6,8	8	54,4	20Л	79992	543,95	8888	60,44	88880	604,38
19	Стакан	12,5	2	25	20Л	19998	249,98	2222	27,78	22220	277,75
Понад 20 кг											
20	Барaban	43,2	2	86,4	25Л	19998	863,91	2222	95,99	22220	959,90
21	Колодка	27,7	1	27,7	25Л	9999	276,97	1111	30,77	11110	307,75
22	Повзун	25,6	1	25,6	25Л	9999	255,97	1111	28,44	11110	284,42
Всього по сталі						149985	2229,777	16665	247,753	166650	2477,53
ВСЬОГО ПО ЦЕХУ						399960	5849,91	44440	649,99	444400	6499,91

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЦТВА. ВИБІР ТИПУ ЦЕХУ

За вихідними даними на проектування проводяться класифікація ливарного цеху. Це показано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Класифікація ливарного цеху по виробничим параметрам

Сплав	Параметр класифікації						
	за масою	за складністю конфігурації виправ	індекс за сплавами	за характером виробництва	за технологічним процесом	Галузева підпорядкованість	Ступінь механізації
Чавун	дрібні/ середні	прості/нескладні	СЧ	великосерійне	лиття в разові піщано-глинясті сирі форми	машинобудування	автоматизовані
Сталь	дрібні	прості/нескладні	ВС				

Серійність виробництва визначається за річною кількістю виправ одного найменування та масою виправка. Дані для цих значень наведено в таблиці 1.4.

Встановлена класифікація ливарного цеху дозволяє обґрунтувати вибір технологічного процесу та рівень механізації виробництва. Отримані результати використовуються при подальших розрахунках виробничої програми, виборі обладнання та проектуванні основних і допоміжних відділень цеху.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЦТВА. ВИБІР ТИПУ ЦЕХУ		
Розроб.	Шматков						
Перевір.	Смірнова						
Н. Контр.	Лютин						
Затверд.	Ямшинський						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						15	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

3 СТРУКТУРА ЦЕХУ

Структура цеху наведена нижче. Основні виробничі відділення включають в себе окремі дільниці, склади, приміщення тощо.

Основні виробничі відділення:

- шихтовий двір та площа вихідних матеріалів;
- плавильне;
- формувально-заливально-вибивальне;
- сумішеприготувальне;
- стрижневе;
- фінішних операцій.

Шихтовий двір та площа вихідних матеріалів знаходяться назовні від будівлі цеху. Решта – в середині приміщення.

Окрім виробничих відділень передбачено:

- склад готової продукції;
- загальнозаводські адміністративно-побутові приміщення. Приміщення ІТР, КБ інженерні служби;
- загальнозаводські склади та комори;
- загальнозаводські пункти керування, технічні, енергетичні, майстерні та ремонтні;

Крім того всі відділення мають в своєму складові власні комори, склади, побутові приміщення та майстерні з ремонтними, лабораторії.

Основні відділення діляться та включають в себе наступні:

1. Відділення шихти:

- відділення флюсів, футерівки, феросплавів, звороту;
- відділення формувальних матеріалів.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Шматков			СТРУКТУРА ЦЕХУ				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Смірнова									16	106
Н. Контр.		Лютин							КПІ ім. Ігоря Сікорського			
Затверд.		Ямшинський										

2. Відділення плавлення:
 - відділення підготовки шихти;
 - відділення футерівки та ковшів;
 - трансформаторне приміщення;
 - склади: металобрухту, звороту, футерівки, невеликі добові запаси матеріалів які застосовуються при плавленні.
3. Відділення формування:
 - відділення заливки;
 - відділення охолодження;
 - відділення вибивки та подальшого охолодження;
 - склади: формувальних матеріалів (невеликі, запасні), опочно-модельного оснащення, виливків, стрижнів, регенерованої та свіжої суміші (в бункерах), запаси води.
4. Відділення сумішеприготування:
 - склади: окремих формувальних матеріалів (основні) та готових сумішей в бункерах, води;
 - відділення регенерації.
5. Відділення підготовки стрижневої суміші:
 - відділення виготовлення стрижнів в машинах;
 - відділення виправлення дефектів та фарбування стрижнів;
 - склади: стрижнів, стрижневих матеріалів, стрижневих ящиків.
6. Відділення відрізання ливників:
 - відділення очищення;
 - відділення зачищення;
 - відділення термообробки;
 - відділення виправлення дефектів, мийки та ґрунтування.
 - склади: виливків, браку, дробі.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Відділення нормоконтролю та якості виливків:

– склад готової продукції.

В загальнозаводські технічні приміщення входять: енергетичні, насосні, щитові, пункти систем керування вентиляційними та пиловловлювачами, сантехнічні, серверні.

В загальнозаводські побутові приміщення входять: кімнати відпочинку, їдальня, медпункт, гардеробні, душові, санвузли, науково-технічна та конференційна зали, бібліотека.

В загальнозаводські адміністративні приміщення входять: керівництво, управління, бухгалтерія, приміщення ІТР, КБ, БТК, інженерні служби, служби механіка, енергетика, електрика, протипожежна тощо.

Загальнозаводські приміщення забезпечують нормальну роботу підприємства та створюють необхідні умови для виробничої діяльності персоналу. Їх склад визначається виробничою програмою, чисельністю працівників і вимогами нормативної документації [13].

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 КОМПОНУВАННЯ ЦЕХУ

Будівля цеху одноповерхова, має прямокутну форму. Шихтовий двір безпосередньо примикає до плавильного відділення.

При компоновці даного цеху слід врахувати наступні моменти:

1. Мінімальна протяжність основних виробничих вантажопотоків (особливо рідкого металу та стрижневих сумішей з ХТС), з тим щоби зменшити навантаження та тривалість операцій транспорту.

2. Так як проектуємий цех чавунно-сталевого лиття, то формувальньо-заливально-вибивальне відділення доцільно розділити окремо на дільниці окремо для чавунних та сталевих виливків, тобто на два незалежних потоку металу. При такій схемі відділення фінішних операцій також буде мати два окремих потоки виливків для очищення. Решта відділень може бути спільним для чавунного і сталевого лиття.

3. З метою скорочення площі яку займає завод та збільшення коефіцієнту забудови та зниження вартості будівництва весь ливарний комплекс розміщується в одній будівлі.

Виходячи з цього, вибирається компоновка цеху з 2-ма формувальними відділеннями [13]. При такій компоновці сумішеприготувальне та стрижневе відділення оптимально розмістити посеред формувальних з тим щоби забезпечити центральну подачу суміші та стрижнів одночасно в два формувальних відділення. Аналогічно вибита відпрацьована суміш буде з 2-х формувальних відділень потрапляти на регенерацію у сумішеприготувальне.

Плавильне відділення буде примикати до формувального, причому рідкий чавун буде подаватись з одного боку в одне формувальне відділення, а рідка сталь з протилежного боку в друге. Далі аналогічно, з вибивальних дільниць вибиті виливки спрямуються 2-ма потоками у відділення фінішних операцій. Таким

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шматков			КОМПОНУВАННЯ ЦЕХУ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смірнова					19	106
						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.		Лютий						
Затверд.		Ямшинський						

чином, організується два незалежних потоки металу – чавуну та сталі. Плавильні печі для чавуну будуть знаходитися біля чавунного формувального відділення, печі для плавки сталі – біля сталевого формувального відділення. Рідкий метал проходитиме мінімальну відстань.

Склад готової продукції оптимально розміщується за відділенням фінішних операцій.

Центральні адміністративно-побутові приміщення, інженерно-технічний персонал та служби розміщуються на вздовж будівлі, локальні побутові приміщення та склади і комори – у відповідних відділеннях.

Силосні башти для піску розміщуються.

Недоліки такої компоновки – перетинання формувального відділення при подачі формувальних та стрижневих матеріалів у відповідні відділення, та перетинання бракованими виливками та ливниками формувального відділення при дорозі на переплав у плавильне відділення.

Таким чином, компоновка проектуємого цеху наведена на рисунку 4.1.

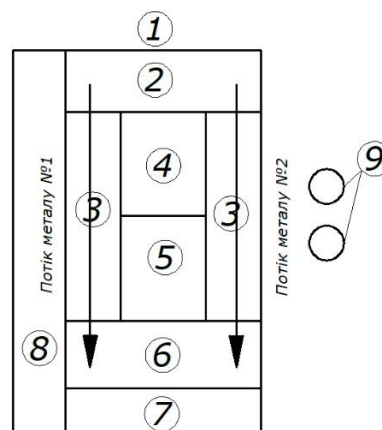


Рисунок 4.1 – Компоновка ливарного цеху (перший поверх): 1 – шихтовий двір; 2 – плавильне відділення; 3 – формувально-заливально-вибивальне відділення; 4 – стрижневе відділення; 5 – сумішеприготувальне відділення; 6 – відділення фінішних операцій; 7 – склад готової продукції; 8 – адміністративно-побутові приміщення; 9 – силосні башти для піску

5 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ

В цеху, що проектується застосовується паралельний режим роботи. При такому режимі роботи всі операції проводяться одночасно на всіх виробничих відділеннях та робочих місцях. Переваги паралельного режиму (в порівнянні з послідовним): скорочується виробничий цикл виробництва виливків, раціонально використовуються обладнання та площі цеху, покращується якість та зменшується собівартість продукції.

Робота організована в 2 зміни. В третю зміну можлива робота термічних печей, з довгим циклом термообробки (більше 16 год). Але даний завод займається виробництвом дрібних виливків, для яких довготривалий час термообробки не застосовується. Так, режим роботи цеху паралельний, двозмінний.

При двозмінному режимові роботи календарний фонд часу дорівнює:

$$\Phi_k = P \times D, \quad (5.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів у році, днів;

D – кількість годин у добі, год.

$$\Phi_k = 365 \times 24 = 87600 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу:

$$\Phi_n = C \times \Gamma, \quad (5.2)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

C – кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Γ – кількість годин в залежності від кількості змін роботи, 1 зміна – 8 годин, 2 зміни – 16 год.

Враховуючи святкові і вихідні дні, виходить 250 робочих днів в рік.

$$\Phi_n = 250 \times 16 = 4000 \text{ год.}$$

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ		
Розроб.		Шматков					
Перевір.		Смірнова					
Н. Контр.		Лютин					
Затверд.		Ямшинський					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						21	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

Дійсний фонд часу враховує планові витрати – час на проведення ремонтів обладнання, відпуски тощо:

$$\Phi_d = \Phi_n - B, \quad (5.3)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

B – витрати часу на непередбачені втрати.

За умови 40-годинного робочого тижня і 4-х тижневій відпустці дійсний фонд часу для робочих становить:

$$\Phi_d = 2000 - (4 \times 40) = 1840 \text{ год.}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання цеху, що проектується наведено в таблиці 5.1. Тривалість однієї зміни – 8 годин.

Таблиця 5.1 - Дійсний річний фонд часу роботи обладнання при двозмінній роботі [1]

Найменування обладнання	Утрати від номінального часу для устаткування, %	Дійсний річний фонд часу устаткування, год	Дійсний річний фонд часу робітників, год
1	2	3	4
Ливарні конвеєри на базі окремих формувальних машин	10	3600	1840
Індукційні печі підвищеної і високої частоти для плавлення сталі місткістю, т	7	3720	1840
Індукційні печі промислової частоти для плавлення і підігрівання чавуну місткістю до 6 т	5	3800	1840
Комплексні механізовані лінії для виготовлення стрижнів із ХТС твердненням в оснастці	8	3680	1840

1	2	3	4
Механізовані системи періодичного приготування сумішей	10	3600	1840
Барабани галтувальні безперервної дії	8	3680	1840
Барабани дробометальні періодичної дії, дробометальні камери безперервної дії	8	3680	1840
Печі термічні з коротким циклом роботи: механізовані	6	3760-	1840
Металорізальні верстати	4	3840	1840

Наведені значення дійсного річного фонду часу враховують планові простої обладнання, пов'язані з проведенням технічного обслуговування, ремонтів та організаційних перерв. Отримані дані використовуються при визначенні необхідної кількості технологічного обладнання, розрахунку його завантаження та перевірці можливості виконання виробничої програми цеху.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРАХУНОК ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ

6.1 Загальна схема роботи відділення

Кількість групових потоків у відділенні фінішних операцій така ж сама як і кількість потоків у формувальному відділенні, тобто два потоки: чавунні та сталеві виливки. Розподілення виливків за масою не проводиться так як всі виливки масою до 100 кг.

При проектуванні відділення фінішних операцій слід зазначити, що на стадії фінішного контролю лиття виявляються дефектні виливки, які потрапляють на потрапляють повторно на виправлення дефектів, починаючи з деяких операцій технологічного процесу. Частка дрібних дефектних виливків, що повторно направляються на попередні операції очищення, становить приблизно 15–20 %.

Маршрутна схема роботи в відділенні фінішних операцій наступна:

- вибивка виливків (в формувальному відділенні);
- первинне очищення лиття (відокремлення ливників та надливів, видалення стрижнів з порожнин);
- вторинне очищення лиття (очищення поверхні);
- обрублення;
- зачищення виливків;
- термічне оброблення;
- первинний контроль;
- промивка;
- ґрунтовка/фарбування;
- вторинний контроль;
- складування.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРАХУНОК ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ		
Розроб.		Шматков					
Перевір.		Смірнова					
Н. Контр.		Лютий					
Затверд.		Ямшинський					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						24	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

У відділенні фінішних операцій особлива увага приділяється забезпеченню безперервності технологічного процесу та контролю якості продукції. Для цього робочі місця розташовують відповідно до послідовності виконання операцій, що дозволяє мінімізувати внутрішньоцехові перевезення виливків і скоротити час їх оброблення. Обладнання для очищення, обрубкування, зачищення та контролю розміщується з урахуванням напрямку руху потоків чавунних і сталевих виливків, що сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню виробничих втрат і забезпеченню стабільної якості готової продукції.

Схема роботи відділення фінішних операцій показана на рис. 6.1.

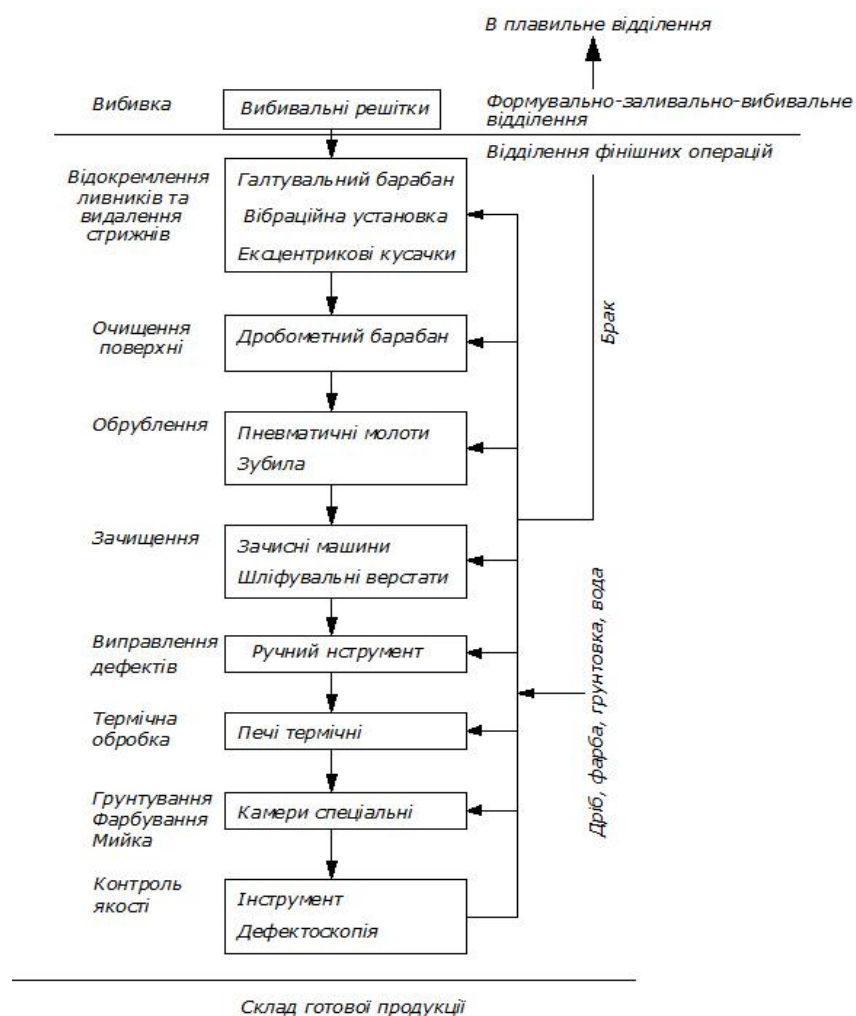


Рисунок 6.1 – Схема роботи відділення фінішних операцій

6.2 Розрахунок завантаження відділення

Завантаження відділення фінішних операцій визначається на підставі річної виробничої програми ливарного цеху та технологічного маршруту обробки виливків. До складу фінішних операцій входять вибивання формувальної суміші, очищення поверхні виливків, відрізання ливниково-живильної системи, обрубкування прибутків, зачищення поверхонь, контроль якості та складування готової продукції. Кожна операція характеризується певною трудомісткістю та потребує відповідного обладнання для її виконання.

При визначенні завантаження враховується кількість придатних виливків, що надходять із формувального відділення, а також технологічний брак, який для даного виробництва прийнято на рівні 5 %.

Розрахунок кількості виливків, що проходять окремі операції, здійснюється з урахуванням послідовності технологічного процесу. На початкових стадіях обробки через відповідні операції проходить вся кількість виливків, що надходить із ливарного виробництва.

Отримані результати розрахунку завантаження дозволяють визначити потребу в обладнанні, оцінити ступінь його використання та забезпечити безперервне функціонування відділення фінішних операцій. На основі цих даних виконують подальший розрахунок кількості робочих місць, виробничих площ і чисельності персоналу.

Розрахунок завантаження відділення за технологічними операціями та кількістю виливків, що їх проходять, наведено в таблиці 6.1.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Розрахунок завантаження відділення фінішних операцій

№ п.п.	Найменування	Маса одного виливка, кг	Річний випуск,		Річний випуск з врахуванням браку виливків (k =1,05)						Зачищення			Термообробка (всі виливки)		
					Річний випуск з врахуванням браку виливків			Вибивка стрижнів та відокремлення ливників (всі виливки) Галтувальний пліус дробометальні барабани			Верстат 4386 (до 100 кг)			Верстат 4581 (до 100 кг)		
					шт	тон	шт	тон	шт	тон	шт	тон	шт	тон	шт	тон
					шт	тон	шт	тон	шт	тон	шт	тон	шт	тон	шт	тон
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Чавун																
1	Кронштейн лівий	1,9	11110	21,11	11666	22,17	11666	22,17	11666	22,17	-	-	11666	22,17		
2	Кронштейн правий	1,9	11110	21,11	11666	22,17	11666	22,17	11666	22,17	-	-	11666	22,17		
3	Корпус підшипника	3,3	44440	146,65	46662	153,98	46662	153,98	46662	153,98	-	-	46662	153,98		
4	Втулка	1,6	44440	71,10	46662	74,66	46662	74,66	46662	74,66	-	-	46662	74,66		
5	Кронштейн 3	3,8	22220	84,44	23331	88,66	23331	88,66	23331	88,66	-	-	23331	88,66		
6	Шків 2	7,2	11110	79,99	11666	83,99	11666	83,99	11666	83,99	-	-	11666	83,99		
7	Кришка 2	2,05	11110	22,78	11666	23,92	11666	23,92	11666	23,92	-	-	11666	23,92		
8	Кришка 3	3,4	11110	37,77	11666	39,66	11666	39,66	11666	39,66	-	-	11666	39,66		
9	Шків 1	9,4	22220	208,87	23331	219,31	23331	219,31	23331	219,31	-	-	23331	219,31		
10	Кронштейн	2,7	22220	59,99	23331	62,99	23331	62,99	23331	62,99	-	-	23331	62,99		
11	Корпус 2	5,3	11110	58,88	11666	61,82	11666	61,82	11666	61,82	-	-	11666	61,82		
12	Стріла права передня	66,2	11110	735,48	11666	772,25	11666	772,25	-	-	11666	772,25	11666	772,25		
13	Стріла ліва передня	66,2	11110	735,48	11666	772,25	11666	772,25	-	-	11666	772,25	11666	772,25		

Закінчення таблиці 16.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14	Півмуфта	60,4	11110	671,04	11666	704,59	11666	704,59	-	-	11666	704,59	11666	704,59
15	Кришка	70,1	11110	778,81	11666	817,75	11666	817,75	-	-	11666	817,75	11666	817,75
16	Фланець напівмуфти	26	11110	288,86	11666	303,30	11666	303,30	11666	303,30	-	-	11666	303,30
ВСЬОГО			277750	4022,4	291638	4223,52	291638	4223,52	244979	-	46664	-	291638	4223,52
Сталь														
17	Штурвал	3,9	11110	43,33	11666	45,50	11666	45,50	11666	45,50	-	-	11666	45,50
18	Штуцер	6,8	88880	604,38	93324	634,60	93324	634,60	93324	634,60	-	-	93324	634,60
19	Стакан	12,5	22220	277,75	23331	291,64	23331	291,64	23331	291,64	-	-	23331	291,64
20	Барабан	43,2	22220	959,90	23331	1007,90	23331	1007,90	23331	1007,90	-	-	23331	1007,90
21	Колодка	27,7	11110	307,75	11666	323,14	11666	323,14	11666	323,14	-	-	11666	323,14
22	Повзун	25,6	11110	284,42	11666	298,64	11666	298,64	11666	298,64	-	-	11666	298,64
ВСЬОГО			166650	2477,5	174983	2601,41	174983	2601,41	174983	2601,41	-	-	174983	2601,41
ВСЬОГО ПО ЦЕХУ			444400	6450	466621	6831	466621	6831	419962		46664			6831

6.3 Склади та комори відділення фінішних операцій

Площі, необхідні для зберігання виливків визначають за формулою [1]:

$$f_{з.ф} = \frac{b \times M}{\Phi_k \times H \times \gamma}, \quad (6.1)$$

де b – норма зберігання виливків, діб;

M – річна продуктивність цеху ,т/рік;

Φ_k – річний (календарний) фонд роботи, діб;

H – висота зберігання виливків, м;

γ – насипна густина виливків, т/м³.

Основні дані по формувальним матеріалам та результат розрахунку їх площ наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Склади та комори для виливків відділення фінішних операцій представлено

Склад	Спосіб зберігання	Запас зберігання, діб	Висота укладання, м	Підйомно-транспортні засоби	Необхідна площа м ²
Проміжний до термічного оброблення після термічного оброблення	в контейнерах	2	3,0 - 4,0	Електронавантажувач, штабелери	4
Комплектування готових виливків	в контейнерах	10	3,0 - 4,0	Електронавантажувач, штабелери	20
Охолодження виливків після т/о	на піддонах	1	2,0	Кран мостовий	10
Сумарна	в контейнерах	10	3,0 - 4,0		20

6.4 Вибір обладнання та розрахунок його кількості

Вибір типу обладнання, якій застосовується для відповідних операцій наведено нижче.

Для видалення стрижнів, ливників, випорів та надливів всіх виливків з асортименту цеху (маса до 100 кг) застосовують галтувальний барабан. У випадку недостатнього очищення від ливників застосовують:

- а) для сталевих виливків – відрізання на ексцентрикових прес-кусачках;
- б) для чавунних виливків – механічна вибивка електромолотком;
- в) останки стрижнів видаляють пневматичною вібраційною машиною.

Для очистки поверхні виливків всього асортименту цеху застосовують дробометальний барабан (при масі виливків до 100 кг).

Для зачистки виливків застосовують електричні шліфувальні інструменти та обдирочно-шліфувальні підвісні верстати. Тут потік виливків розділяється на масові групи. Так як багато виливків з асортименту мають внутрішні циліндричні поверхні то вибираються верстати для зачищення якомога більшого числа поверхонь виливка (наприклад 3 плоскі та внутрішня циліндрична).

Обрублення проводять пневматичними молотками та зубилами.

Виправлення дефектів проводять заваркою або замазуванням.

Термічну обробку виливків здійснюють в електричних термічних печах для всього асортименту виливків.

Грунтування виливків здійснюють у фарбувальних камерах на підвісних конвейєрах зануренням в бак з фарбою.

Сушка виливків проводиться в камерах.

Контроль якості виливків проводиться двократно.

Перший контроль здійснюють у процесі очищення, обрубкування і зачищення виливків для вилучення бракованих і дефектних виливків до термічного оброблення, а другий – для приймання виливків, які пройшли повний цикл

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оброблення. Режим термічної обробки виливків вказано в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Режими термічної обробки виливків [1]

Матеріал	Тип термічної обробки	Температура, °C	Тривалість циклу термічного оброблення, гол
Сталь 20Л, 25Л (дрібні виливки)	Нормалізація	890-920	12-18
Чавуни СЧ150, СЧ200 СЧ250 (дрібні виливки)	Низькотемпературний відпал	520-570	9-11

Кількість обладнання визначається за формулою [1]:

$$n = \frac{B_p}{(\Phi_d \times \Pi \times K_3)}, \quad (6.2)$$

де B_p – маса виливків, які підлягають відповідній операції т;

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи обоаднання, год;

Π – продуктивність обладнання, т/год;

K_3 – коефіцієнт завантаження обладнання, $K_3 = 0,7 - 0,85$ (приймається 0,77).

Результати розрахунку наводяться в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок основного обладнання

Група лиття	Операція	Випуск лиття, од		Технологічне обладнання				
		розрахунковий	з врахуванням браку	Модель	Продуктивність, од	Кількість одиниць		K_3
						Розрахунков	Прийнята	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всі	Видалення стрижнів, ливників	6500 тонн	6831 тонн	Барабан гальувальний 41212	до 5,0 т/год (3,2 т/год)	0,75	1	0,75

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Всі	Очищення поверхні, видалення залишків стрижнів, ливників	6500 тонн	6831 тонн	Барабан дробометальний 42233	3,0 т/год	0,80	1	0,80
до 50 кг	Зачистка поверхонь виливків абразивними кругами	399964 шт	419962 вил	Верстат зачисний 4386	200 вил/год	0,71	1	0,70
понад 50 кг		444444 вил	46664 вил	Верстат зачисний 4594	50 вил/год	0,31	1	0,31
до 50 кг	Обдирка та шліфування	3580,0 тон	3758,1 тон	Комплекс механізований для абразивного зачищення 99910	1,5-2,0 тон/год (1,7)	0,73	1	0,73
понад 50 кг		2920,8 тон	3066,8 тон	Верстат 3Е375	0,7 тон/год	1,45	2	0,725
	Грунтування та мийка	1,63 тонн	1,71 тонн	Розпилювальна конвейсна камерна	8500 т/рік	0,79	1	0,79

Галтувальний барабан марки 41212 являється агрегатом періодичної дії та має теоретичну продуктивність (при повному навантаженні в режимі безперервної роботи) до 5 тонн/год. При такому максимальному навантаженні коефіцієнт завантаження буде малий. З тим щоби мати коефіцієнт завантаження близький до 0,75, барабан має робити періодично, з середньо розрахованою продуктивністю 3,2 тонн/год. Це вказано в таблиці 8.3. Саме тому вибрано барабан періодичної дії.

Через малий коефіцієнт завантаження для верстату 4594 (0,31) він працює періодично по мірі необхідності.

Кількість печей для термообробки визначається за формулою [1]:

$$P = \frac{B_p}{(\Phi_d \times N_p \times K_3)}, \quad (6.3)$$

де B_p – маса виливків, які підлягають термічному обробленню т;

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи печі, год;

N_p – продуктивність печі, т/год;

K_3 – коефіцієнт завантаження печей, $K_3 = 0,70 - 0,85$ [1].

Розрахунок кількості печей для термічного оброблення виливків наведено в таблиці 6.5.

Вибираються наступні печі [2]:

1) Для низькотемпературного відпалу сірого чавуну електропеч камерна з викатним подом марки СДО-12.24.10/10;

2) Для нормалізації сталі електропеч камерна з викатним подом марки СДО-10.15.10/10.

Робота печей проводиться в 3 зміни ($\Phi_d = 5400$ год).

Таблиця 6.5 – Кількість печей для термічного оброблення виливків

Група литва	Річний випуск, т	Тип печі	Ємність печі, т	Тривалість циклу, год	Продуктивність однієї печі, т/год	Кількість печей		K_3
						Розрахована	Прийнята	
СЧ200, СЧ250	4230	ел	3,5	10	0,35	2,79	3	0,74
20Л, 25Л	2601	ел	1,0	5	0,2	3,0	4	0,75

6.5 Опис основного обладнання відділення фінішних операцій та принцип його роботи

Основне обладнання відділення фінішних операцій описується нижче.

Галтувальний барабан періодичної дії 41212.

Для очищення виливків (масою до 100 кг) від ливникової системи та стрижнів, застосовують галтувальний барабан періодичної дії марки 41212 [3].

Барабан моделі 41212 рис. 6.2 призначений для попереднього очищення поверхонь литих і кованих деталей, від формувальної суміші, пригару та окалини, вибивання нескладних стрижнів та відбиття ливників. Характеристики наведені в (табл. 6.6).

Основні вузли барабану: рама, привід, барабан, передній та задній корпуси, верхній та нижній кожухи. Деталі, призначені для очищення, поступають по транспортеру через передній конус в порожнину обертового барабана, циліндрична частина якого має перфорацію, що дозволяє виводити з барабана залишки горілої суміші, окалини, пригару, стрижнів.

Видалення відходів з барабана в процесі очищення дозволяє збільшити його корисний об'єм а, отже, продуктивність. Внутрішня поверхня барабана захищена бронею з ребрами для кращого галтування деталей. Очищені деталі при обертанні барабана вивантажуються через задній конус на конвеєр. Барабан приводиться у обертальний рух від електродвигуна через редуктор. За рахунок тертя між приводними роликками та бандажами барабана. З метою захисту обслуговуючого персоналу від пилу барабан закритий кожухом.

У верхньому кожусі передбачені три отвори для під'єднання до вентиляційної системи цеху.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

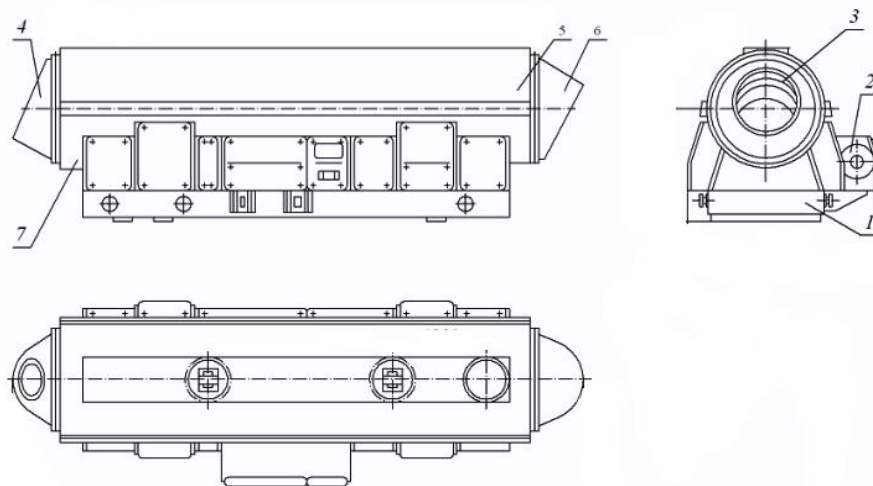


Рисунок 6.2 – Галтувальний барабан періодичної дії 41212: 1 – рама; 2 – привід; 3 – барабан; 4 – конус передній; 5 – кожух верхній; 6 – конус задній; 7 – кожух нижній

Таблиця 6.6 – Технічна характеристика галтувального барабану 41212 [3]

Габаритні розміри, мм	7640×2570×2440
Продуктивність, т/год	до 5,0
Кількість повітря яке відсмоктується, м3/хв	130
Маса, кг	15460
Потужність електродвигуна, кВт	22,0
Частота обертання, об/хв	8,5

Дробометний барабан 42233 [3].

Барабан має робочий простір для очищення виливків, циліндрична частина якого утворюється полотном пластинчастого конвеєра, що рухається, а торці – двома дисками, що вільно обертаються на своїх цапфах. Над барабаном встановлено дробометне лопаткове колесо, що кидає дріб на виливки, які знаходяться в барабані. З переднього боку кожух барабана закритий кришкою.

Виливки в барабан завантажують порціями і після очищення вивантажують.

Для вивантаження виливків зі стрічкового барабана пластинчастий конвеєр вмикають на зворотний хід, після чого виливки висипаються з барабана в підставлений ящик. Тривалість процесу очищення становить 10–15 хв.

Таблиця 6.7 – Технічна характеристика дробометного барабану 42233 [3]

Діагональ вилівка який очищується, мм	470
Продуктивність, т/год	3,0
Маса вилівка максимальна, кг	до 80
Найбільша маса завантаження, кг	800
Габаритні розміри, мм	4500×4500×4500
Кількість дробометальних апаратів	1
Продуктивність за дробом, кг/хв	250
Довжина робочої частини, мм	1250
Маса, кг	17500
Потужність електродвигуна, кВт	42
Маса повітря яке відсмоктується, м3/год	15000
Продуктивність, т/год	2,8

Обладнання для зачищення

Схема зачищення вилівка на верстаті 4586 та 4674 показана на рис. 6.3. Технічна характеристика верстатів вказана в таблиці 6.8.

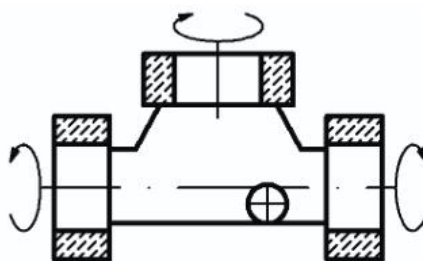


Рисунок 6.3 – Схема зачищення вилівка на верстатах 4586 та 4594

Таблиця 6.8 – Технічна характеристика верстатів для зачищення [4]

Марка	4586	4594
Розміри вилівка що очищується, мм	500×500×600	600×600×400
Кількість абразивних кругів	3	3
Маса вилівка максимальна, кг	до 50	до 100
Продуктивність за виливками, шт/год	200	до 70
Габаритні розміри, мм	5310×3475×3660	3810×5700×2565
Потужність електродвигуна, кВт	75	104
Маса, кг	16000	20000

Обладнання для шліфування.

Шліфування виливків виконують для видалення задирок, залишків ливникової системи та інших поверхневих нерівностей, що залишаються після попередніх операцій. Ця операція забезпечує необхідну якість поверхні виливків і підготовлює їх до подальшого контролю або нанесення захисних покриттів.

Для шліфування застосовуються верстати комплекс 99910 та підвісний 3Е375, технічна характеристика яких наведена в таблиці 6.9

Таблиця 6.9 – Технічна характеристика верстатів для шліфування [4]

Марка	99910	3Е375
Діаметр круга, мм	400	500
Розміри вилівка що очищується, мм	1000х700х700	1200х800х700
Маса вилівка максимальна, кг	до 50	до 200
Продуктивність за виливками, т/рік	1,5-2,0	0,7 - 0,8
Габаритні розміри в плані, мм	4300х2400	2850х2000

1. Для видалення з поверхні виливків залишків ливникової системи, заливів, ужимин застосовують пневматичні ручні рубільні молоти золотникового типу з коротким ходом (до 100 мм) та стаціонарну установку МПл-1,0, яка призначена для видалення надливів та ливникової системи у виливках розміром до 1000 мм. Швидкість різання – 400 мм/хв.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2. Обладнання для заварювання дефектів

Для заварювання дефектів застосовують електрозварювальний напівавтомат з механічною подачею дроту, схема якого наведена на рис. 6.4.

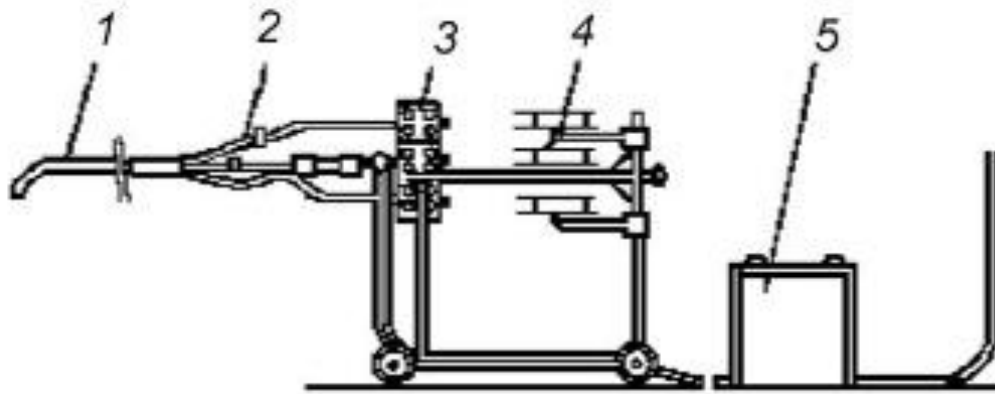


Рисунок 6.4 - Обладнання для заварки дефектів виливків з механічною подачею електроду: 1 – тримач; 2 – напрямні канали; 3 – механізми, що подають; 4 – бобіни з порошковою дротом; 5 – апаратна шафа; 6 – газовий пальник з подвійною інжекцією.

3. Обладнання для ґрунтування.

Ця операція здійснюється зануренням виливків в розчин ґрунтовки. Виливки поміщуються в кошики з отворами, опускаються на підвісках в резервуар з фарбою. Після вилучення з резервуару з фарбою виливки подаються до сушильної камери і далі на склад. Технічна характеристики дільниці ґрунтування виливків представлена в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Технічна характеристики дільниці ґрунтування виливків

Максимальна маса виливків	Продуктивність, вил/год	Тривалість промивання виливків, хв	Температура рідини, °C	Ємність ванни, м³	Швидкість підвісного конвейєру, м/с	Потужність електродвигуна, кВт
80	60	12	90	3,5	0,65	12,0

7 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

7.1 Загальна характеристика деталі

Деталь «Фланець напівмуфти» є конструктивним елементом муфти, що призначений для з'єднання між собою валів та передачі крутного моменту від одного валу до іншого.

Маса деталі становить 26 кг. Габаритні розміри деталі: діаметр – 455 мм, висота – 160 мм. Деталь має круглу форму, шість ребер жорсткості, один центральний наскрізний отвір діаметром 125 мм з двома шпонковими пазами, та три наскрізні отвори діаметрами 28 мм, що розташовані радіально.

Середня (розрахункова) товщина стінки – 40 мм, а мінімальна – 25 мм.

Згідно класифікації виливків за складністю, виливок «Фланець напівмуфти» відносять до виливків II групи (виливки нескладної конструкції).

Матеріал для виготовлення деталі – сірий чавун марки СЧ200 ДСТУ 8833:2019 [5], хімічний склад якого наведено в табл. 7.1. Основні механічні властивості чавуну марки СЧ200 наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.1 – Хімічний склад чавуну марки СЧ200 ДСТУ 8833:2019 [5]

C	Si	Mn	S	P
3,3 – 3,5	1,4 – 2,4	0,7 – 1,0	≤ 0,15	≤ 0,2

Сірий чавун марки СЧ200 широко застосовується у машинобудуванні для виготовлення корпусних і фланцевих деталей, що працюють в умовах помірних механічних навантажень. Даний матеріал характеризується добрими ливарними властивостями, достатньою міцністю, високою зносостійкістю та здатністю гасити вібрації [14].

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА		
Розроб.	Шматков						
Перевір.	Смірнова						
Н. Контр.	Лютин						
Затверд.	Ямшинський						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						39	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

Таблиця 7.2 – Механічні властивості чавуну марки СЧ200
ДСТУ 8833:2019 [5]

Властивість	Значення
Твердість, HB, не більше ніж	230 HB
Границя міцності під час розтягування, σ_b	200 МПа (Н/мм ²)
Густина	$7,1 \cdot 10^3$ кг/м ³
Лінійна усадка	1,2 %
Модуль пружності під час розтягування	$(850-1100) \cdot 10^2$ МПа

7.2 Аналіз конструкції деталі

Деталь «Фланець напівмуфти» має круглу форму з зовнішнім діаметром 455 мм. Три отвори діаметром 28 мм не проливають, оскільки це призведе до значного ускладнення конструкції стрижня і як наслідок – стрижневого ящика. Ці отвори доцільніше виконати механічним обробленням, так само як і два шпонкові пази розміром 32 мм.

Внутрішніх піднутрень, заглиблень, бобишок, канавок та місць які би перешкоджали внутрішній усадці деталь не має.

На всі вертикальні поверхні деталі при проектуванні призначаємо ливарні ухили, що забезпечує легке виймання моделі з форми без пошкоджень стінок. За ГОСТ 3212-92. Ливарний ухил для верхньої частини моделі складає $1,5^\circ$, для нижньої – $0,8^\circ$ [6].

Для запобігання виникнення усадкових раковин у місцях зміни товщин стінок передбачені плавні радіусні переходи, які сприяють рівномірному охолодженню металу. Сама конструкція деталі має радіуси переходів та спряження стінок (5 та 10 мм). Ливарні радіуси на кромках граней складають 2 мм [6].

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.3 Вибір технологічного процесу

Виходячи з проведеного вище аналізу можна стверджувати, що доцільно та економічно вигідно виготовляти деталь литтям у сирі піщано-глинясті форми, з подальшою механічною обробкою отворів, канавок і посадочних поверхонь.

Сухі форми зазвичай використовують для відповідальних виливків масою понад 500 кг або для виливків з досить складною конфігурацією. Використання самотвердних та холоднотвердних сумішей є недоцільним через їх високу собівартість, дефіцитність, та складність регенерації. Лиття піщано-глинясті форми (з правильно підібраними складовими форми як по маркам, так і по процентному вмісту), достатнього ступеню ущільнення при машинній формовці цілком забезпечить необхідну якість отриманого виливка.

Стрижень раціонально виготовляти з холоднотвердної суміші (ХТС), оскільки міцність стрижня, виготовленого на основі піщано-глинястих сумішей не забезпечить потрібної міцності стрижня. Існує широкий спектр сучасних процесів, що забезпечують вищу міцність і термостійкість стрижнів при помірних витратах. Це важливо, адже під час заливання стрижні зазнають складніших умов, ніж формувальна суміш. Через це стрижень повинен мати міцність більше ніж сама форма.

Найефективнішим є саме метод ХТС, оскільки він має низку переваг порівняно з іншими: наприклад, суміші на рідкому склі відзначаються поганою вибиваємістю, а лігносульфатні суміші не забезпечують необхідної міцності.

При серійному виробництві виливків формовку здійснюють в парних опоках на формувальних машинах чи лініях, що забезпечує високу продуктивність, стабільність розмірів і повторюваність якості форм. Використання холоднотверднучих сумішей дозволяє скоротити тривалість технологічного циклу, зменшити витрати на сушіння форм та покращити якість поверхні виливків. Крім того, ХТС забезпечують достатню міцність форми під час транспортування та

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залиття металу, а також добру вибиваємість після кристалізації виливка, що значно спрощує подальшу очистку та механічну обробку деталей.

7.4 Вибір положення виливка в формі

При визначенні положення виливка з СЧ200 у формі слід дотримуватися таких правил:

- напрямлена кристалізація для виливків із СЧ200 не має вирішального значення;
- в нижній частині форми необхідно розміщати найбільш відповідальні частини виливка, тому що тут метал виходить більш щільним та чистим, а у верхній частині зосереджуються газові та усадочні раковини, рихлість, піщані включення тощо;
- основні поверхні виливка, які обробляються, повинні знаходитися внизу, у вертикальному або похилому положенні. З цієї точки зору краще розташовувати виливок горизонтально;
- висота падіння рівня металу в формі повинна бути не більше 100 - 150 мм;
- виливки циліндричної форми з зовнішніми або внутрішніми поверхнями, які обробляються, повинні заливатися у вертикальному положенні;
- при круговій обробці у нижній частині форми повинна розташовуватися більша частина поверхні виливка;
- опока має бути найменш можливої висоти. З цієї точки зору бажано вертикальне положення виливка;

стрижні повинні займати стійке положення у формі, їх треба установлювати по можливості у нижній півформі. Тут також кращим є вертикальне положення виливка;

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- легке та безперешкодне вилучення моделі з форми. При горизонтальному положенні це правило виконати складно і це потребує додаткових болванів. При вертикальному модель вилучається безперешкодно.

Прийнято рішення про вертикальне положення форми. На горизонтальну поверхню у верхній напівформі (де метал найбільше засмічується) назначається більший припуск. рознімна Якщо модель буде суцільною, виконання формовки за такої конфігурації значно ускладниться. Тому слід виконувати модель з 2-х частин, тобто складеною.

Щодо вибору лінії розніму, то остання проходить як показано на рис 7.1. Лінія розніму плоска що спрощує весь модельний комплект.

Застосовується один вертикальний стрижень, що дозволяє зручно його встановити. Цей стрижень буде фіксуватися в нижній півформі та забезпечить виведення газів із стрижня.

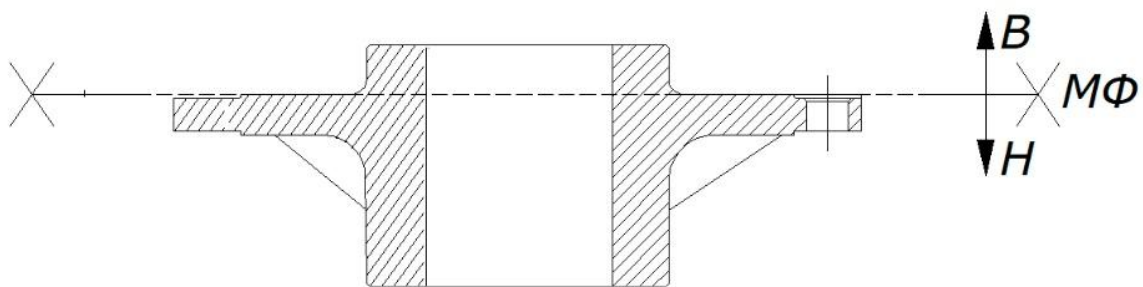


Рисунок 7.1 – Положення вилівка в формі

7.5 Припуски на механічне оброблення

Величина припусків на механічне оброблення призначається згідно з ДСТУ 8981:2020 [6]. Результати заносять до таблиці 7.3.

Литво у піщано-глинисті сирі форми із сумішей із вологістю від 3,5 % до 4,5 % та міцністю від 60 кПа до 120 кПа.

Точність вилівка 11-8-15-11 за ДСТУ 8981:2020 [6].

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.3 – Припуски на механічне оброблення

Індекс позиції	Найменування параметру	Характеристика		
1	Тип сплаву	СЧ200		
2	Найбільший габаритний розмір, мм	455		
3	Маса виливка, кг	28		
4	Клас розмірної точності	11		
5	Ступінь жолоблення	8		
6	Ступінь точності поверхні	15		
7	Клас точності маси	11		
8	Ряд припусків	7		
9	Шорсткість Ra	6,3	12,5	
10	Номінальний розмір, мм	24,5	100	33
11	Допуск номінального розміру, мм	3,2	4,4	3,6
12	Допуск форми, мм	0,64	0,64	0,64
13	Вигляд кінцевої механічної обробки	напівчистове	чорнове	чорнове
14	Загальний припуск, мм	3,6	3,6	4,5

7.6 Проектування стрижня

Для виконання внутрішнього отвору застосовую один центральний вертикальний стрижень $\varnothing 125$. Вибір стрижневих знаків здійснюють залежно від розмірів стрижня та виливка відповідно до вимог ГОСТ 3212-92. За складністю стрижень відносяться до 4-го класу – мають просту конфігурацію, утворюють у виливках внутрішні отвори, які механічно не обробляють. Згідно за масою та розмірами стрижень дрібний. Пази шпонкові стрижнем не виконуються.

Фіксацію стрижня здійснюють за рахунок нижнього вертикального знака з широкою опорною поверхнею (1,5 – 2 діаметру стрижня). Використання додаткових фіксаторів не потрібне. Зовнішня поверхня виливка легко формується контурами форми під час виготовлення, тому стрижні в цій зоні не застосовують.

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати заносяться до табл. 7.4. Розміри зазорів, знаків, кутів нахилу беруться з [7]

Таблиця 7.4 – Розміри знакових частин вертикального стрижня Ст. 1 [7]

Стрижень	Висота без знаків, мм	Діаметр, мм	Висота знаку, мм	Зазор (S1,S2,S3), мм	Ухил, °
Ст. 1	169,1	125	Нижній – 40 Верхній – 25	Нижній: S ₁ = 0,5, Верхній: S ₁ = 0,25, S ₂ = 0,5, S ₃ = 0,	Нижній: $\alpha - 7$ Верхній: $\beta - 10$

7.7 Вибір опок

При габаритному розмірі вилівка 455 мм оптимально розмістити 2 вилівка у формі, як показано на рис. 7.2. При одному виливку в опоці витрати формувальної суміші будуть збільшеними. Розміщення більшої кількості виливків значно збільшить розміри опоки. Розміщуються вилівки вздовж опоки, зі спільним центральним стояком (посередині між виливками).

Таблиця 7.5 – Мінімальні відстані між елементами ливарної форми (для виливків масою 30 кг) [8]

Маса вилівка, кг	Мінімально допустима товщина шару, мм				
	від верху моделі до верху опоки	від низу моделі до низу опоки, мм	від моделі до стінки опоки, мм	між моделями	між моделлю та шлако вловлювачем
25-40	70	90	50	60	40

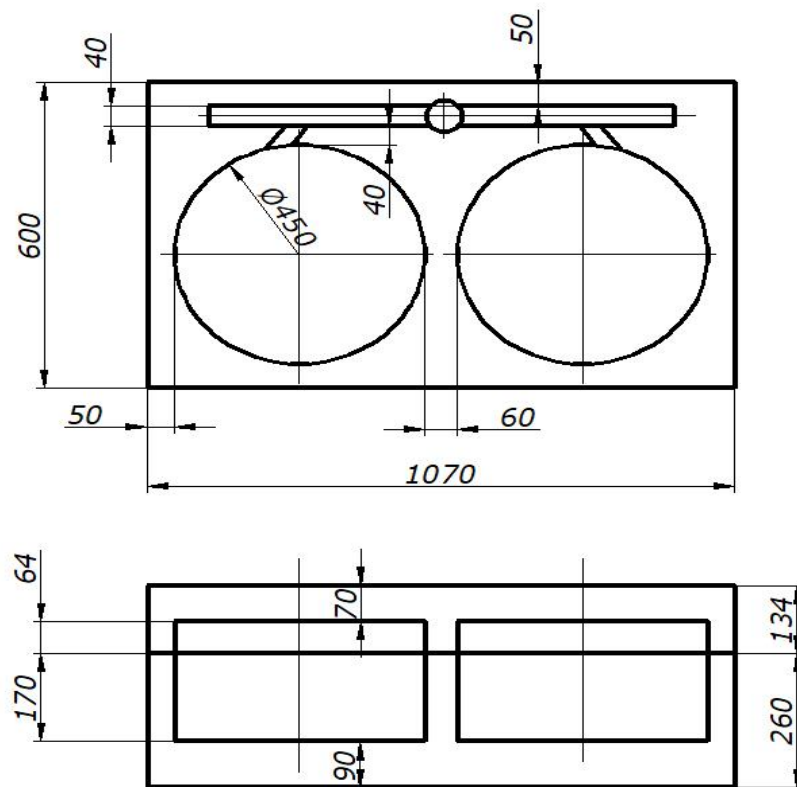


Рисунок 7.2 – Ескіз до розрахунку розмірів опоки

Мінімальна довжина опоки обчислюють за формулою:

$$L = 2a + 2l_B + k_1, \quad (7.1)$$

де l_B – габарит виливка (діаметр), мм;

a – відстань від краю виливка до опоки, мм;

k_1 – відстань між моделями (або виливками), мм.

$$L_{оп} = 2 \times 455 + 2 \times 50 + 60 = 1070 \text{ мм.}$$

Мінімальну ширину опоки обчислюють за формулою:

$$B_{оп} = l_B + 2a + b_{шл} + k_2, \quad (7.2)$$

де $b_{шл}$ – приблизна ширина шлаковловлювача, мм;

Приймається $b_{шл} = 40$ мм;

k_2 – відстань від краю виливка до шлаковловлювача, мм.

$$B_{оп} = 455 + 2 \times 50 + 40 + 40 = 635 \text{ мм.}$$

Висоту нижньої опоки обчислюється за формулою:

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$H_H = H_B^H + k_3, \quad (7.3)$$

де H_B^H – висота виливка зі стрижнем, мм;

k_3 – відстань від краю виливка до краю опоки, мм;

$$H_H = 170 + 90 = 260 \text{ мм.}$$

Висоту верхньої опоки обчислюють за формулою:

$$H_B = H_B^B + k_4, \quad (7.4)$$

де H_B^B – висота виливка зі стрижнем, мм;

k_4 – відстань від краю виливка до краю опоки, мм.

$$H_B = 64 + 70 = 134 \text{ мм.}$$

Згідно ГОСТ 14981 – 69 [8] вибираються сталеві парні опоки розміром:

Верхня (0272-0087) – 1100*800*200 мм. Маса – 146 кг;

Нижня (0272-0089) – 1100*800*250 мм. Маса – 156 кг.

Опоки кранові.

Середній габаритний розмір опоки $(1100+800)/2 = 950$ мм.

Решта основних конструктивних розмірів згідно [8].

Товщина стінки опоки складає 10 мм.

Відстань між вісями центрувальних отворів становить: $A = 1260$ мм.

Діаметр центрувального отвору у втулках – 30 мм.

Висота центрувальної та прямої втулок – 35 мм.

Центрувальна та пряма втулка виготовлені зі сталі 45. Твердість втулок повинна бути HRC 45-52. Спарювання здійснюється «штирем» так як опоки низькі. Довжина штирів – 240 мм.

Розмір буртику («ніжки» опоки) – 60 мм.

Для опок шириною більше 500 мм робляться ребра-хрестовини (з тим щоби в опоках трималась суміш) як поперечні так і повздовжні, з кроком 150-250 мм.

Для кантування та транспортування опоки мають на торцевій стінці по одній цапфі. Розміри ручок та цапф регламентовано за ГОСТ 14979 – 69. Для вільного

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виходу газів з опоки в стінках останньої передбачено вентиляційні канали, які розташовані в порядку чотири через три.

7.8 Проектування ливникової системи

7.8.1 Вибір типу та місця підводу розплаву

Конструкція виливка та його розташування у формі такі, що форма має будову в плані кола зверху, без окремої виступаючої стінки. Тому з точки зору підведення металу подачу чавуну можна здійснювати фактично на будь-якому рівні по висоті форми, зручному для живлення. Основним фактором для чавуну СЧ200 є уникнення удару струменя в стінку форми або стрижень, щоб метал плавно розтікався по порожнині. Горизонтальна поверхня повинна рівномірно й поступово покриватися рідким металом без затримок. При чому для виливка який в плані має форму кола, живлення треба подавати тангенціально, по дотичній. Зокрема, при машинній формовці найбільш зручним є формовка з підведенням металу по розніму форми, тобто бічна горизонтальна ливникова система. Це спрощує і конструкцію моделей. Висота падіння металу при такому підведенні чавуну не перевищить 100 мм. Дроселі та фільтри в даній ливниковій системі не застосовуються, що спрощує її конструкцію.

Для чавуну використовують ливникові системи, що звужуються, для швидкого заповнення та вловлювання шлаку. Розрахунок ведеться за методом Озана – Дітерта [6].

7.8.2 Розрахунок ливникової системи

Формула для визначення загальної площі вузького перерізу ливникової системи має вигляд [9]:

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum F_{\text{ж}}^{\text{вил}} = \frac{G}{0,31 \cdot \tau \cdot \mu \cdot \sqrt{H_p}}, \quad (7.5)$$

де $\sum F_{\text{ж}}^{\text{вил}}$ – сумарна площа перерізу живильників на один виливок, см²;

G – маса металу, який заливається в форму, кг;

τ – тривалість заливання металу, с;

H_p – розрахунковий металостатичний напір, см;

μ – коефіцієнт втрат напору, який характеризує загальний гідравлічний опір руху потоку розплаву з боку форми, $\mu=0,38$ [9].

При розрахунках слід врахувати масу ливникової системи, яка при виливках масою порядку 30 кг становить приблизно 15 % від маси виливків [9], або:

$$G_{\text{лс}} = 0,15 \times 2 \times G_{\text{вил}}, \quad (7.6)$$

де $G_{\text{вил}}$ – маса одного виливка, кг.

$$G_{\text{лс}} = 0,15 \times 2 \times 26 = 7,8 \text{ кг.}$$

Сумарна маса металу, який заливається в формулу дорівнює:

$$G = G_{\text{лс}} + G_{\text{вил}} = 26 \times 2 + 7,8 = 59,8 \text{ кг.}$$

Розрахунковий металостатичний напір визначається за формулою Дітерта:

$$H_p = H_{\text{ст}} - \frac{h_{\text{вил}}^2}{2h_{\text{вил1}}}, \quad (7.7)$$

де $H_{\text{ст}}$ – висота стояка від воронки до живильника, см;

$h_{\text{вил}}$ – відстань по вертикалі від місця підведення живильника до самої верхньої точки виливка; або дорівнює висоті верхньої опоки, мм;

$h_{\text{вил1}}$ – висота виливка у положенні при заливанні.

$$H_p = 20 - \frac{5,2^2}{2 \times 16,8} = 19,2 \text{ см.}$$

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оптимальну тривалість заливання форми металом визначають виходячи із швидкості підняття металу в формі за формулою для дрібних виливків до 450 кг:

$$\tau = S\sqrt{G_{\text{вил}}}, \quad (7.8)$$

де S – коефіцієнт, який залежить від товщини стінки виливка δ . При товщині стінки 40 мм, $S = 2,2$ [9];

$G_{\text{вил}}$ – маса одного виливка, кг.

$$\tau = 2,2\sqrt{26} = 11,2 \text{ с.}$$

За формулою (7.5) розраховують загальну площу вузького перерізу ливникової системи:

$$\sum F_{\text{ж}}^{\text{вил}} = \frac{59,8}{0,31 \cdot 11,2 \cdot 0,38 \cdot \sqrt{19,2}} = 10,34 \text{ см}^2.$$

Виливків у формі два, до кожного виливка підводиться два живильника, тому

$$\sum F_{\text{ж}}^{\text{вил}} = \frac{10,34}{4} = 2,59 \text{ см}^2.$$

Для сплавів на основі заліза (чавуну і сталі), за даними проф. Г.М.Дубицького, доцільно приймати замкнену ливникову систему. Співвідношення між її елементами (для дрібних виливків) [9]:

$$\sum F_{\text{ж}}^{\Phi} < \sum F_{\text{шл}}^{\Phi} < \sum F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,1 : 1,3, \quad (7.9)$$

де $\sum F_{\text{ж}}^{\Phi}$ – сумарна площа перерізу живильників у формі;

$\sum F_{\text{шл}}^{\Phi}$ – сумарна площа перерізу шлаколовлювачів у формі;

$\sum F_{\text{ст}}$ – сумарна площа перерізу стояків.

$$\sum F_{\text{ж}}^{\Phi} : \sum F_{\text{шл}}^{\Phi} : \sum F_{\text{ст}} = 10,34 : 11,37 : 13,44.$$

В залежності від площі поперечного перерізу визначають лінійні розміри:

1) Живильник

$$h_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{F_{\text{ж}}}{2}} = \sqrt{\frac{2,59}{2}} = 1,14 \text{ см.}$$

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того щоби форма живильника була більш схожа на квадрат, висота живильника приймається рівною 16 мм. Тоді, простими арифметичними діями, знаходять, що сторони його основ трапецій складають 14 та 18 мм.

2) Шлаковловлювач

$$F_{\text{шл}} = \frac{\Sigma F_{\text{шл}}}{2} = \frac{11,37}{2} = 5,69 \text{ см}^2;$$

$$h_{\text{шл}} = 1,5 \cdot h_{\text{ж}} = 2 \cdot 16 = 24 \text{ мм};$$

$$S_{\text{шл}} = \frac{F_{\text{шл}}}{h_{\text{шл}}} = \frac{5,69}{2,4} = 2,37 \text{ см} = 24 \text{ мм};$$

$$a_{\text{шл}} = S + 3 = 24 + 3 = 27 \text{ мм};$$

$$b_{\text{шл}} = S - 2 = 24 - 2 = 22 \text{ мм}.$$

Відстань від стояку до місця підведення живильника має бути рівним приблизно п'яти висотам шлаковловлювача (з тим щоби вплив шлак по дорозі до вилівка) , тобто приміром $32 \cdot 5 = 160 \text{ мм}$ що і враховано на кресленні.

3) Стояк.

Стояк має круглий переріз і виконується конусним з ухилом $3 - 5^\circ$. Діаметр нижньої основи стояка визначають за формулою:

$$D_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{ст}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,00}{\pi}} = 4,07 \text{ см} = 41 \text{ мм}. \quad (7.10)$$

Масова витрата металу:

$$g = G/\tau, \text{ кг/с},$$

$$g = 59,8/11,2 = 5,3 \text{ кг/с}.$$

Таку масову витрату металу забезпечує формуєма надставна чаша №3 [9].

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.9 Формувальні та стрижневі суміші

7.9.1 Формувальна суміш

Обираємо формування по-сирому, оскільки виливок масою приблизно 30 кг, відносно просто конструкції та виготовляються з чавуну СЧ-200. Формування виконується машинним способом.

У цьому випадку застосовують формувальну суміш на основі кварцового піску з бентонітовим зв'язувальним (табл. 7.6). Суміш використовується як єдина: 92–98 % становить регенована відпрацьована суміш, а решту складають свіжі добавки. Бентонітова глина має високу зв'язувальну здатність та міцність. До того ж, може бути повністю відновлена в процесі своєї регенерації після додаткового зволоження. Глина застосовується не в чистому вигляді, а у вигляді бентонітово-вугільної суспензії (готується в окремому змішувачі).

Для чавунних виливків рекомендується використовувати пісок середньої зернистості 016 або 02.

Вміст глиняної складової у суміші не повинен перевищувати 1 %, щоб не знизити її вогнетривкість. Вологість піску має бути не більшою за 1,0 %. Властивості суміші наведено в (табл. 7.7).

Для дрібних чавунних виливків допускається використання кварцового піску марки 2K₂O₂O₂.

Таблиця 7.6 – Склад формувальної суміші, % [7]

Оборотна суміш	Кварцовий пісок	Наповнювач	Добавки
	2K ₂ O ₂ O ₂	бентонітово-вугільна суспензія	крохмальні
93-95	5-6	0,3...0,7	0,02...0,04

Таблиця 7.7 – Властивості суміші [10]

Вологість, %;	Міцність при стисканні, МПа	Газопроникність, од	Текучість суміші, %	Вміст активного бентоніту, %
3,1...3,5	0,09...0,14	>100	75...80	6...7

Крохмальні добавки додають у формувальну суміш для підвищення її міцності, текучості та здатності до формування. Крохмаліт забезпечує кращу якість відбитка моделі, збільшує міцність суміші у вологому стані, зменшує осипання форми та запобігає пересиханню її країв.

7.9.2 Стрижнева суміш

Для виготовлення стрижнів застосовують холоднотвердіючі формувальні суміші, основою яких є карбамідо-фуранові смоли. Процес твердіння відбувається за участю рідких реагентів-затверджувачів, що належать до furan-процесу [10]. Подібні суміші (табл. 7.8) широко використовуються у виробництві стрижнів для виливків із сірого чавуну, оскільки забезпечують високу точність геометрії, хорошу міцність і стабільність форми під час заливання металу.

Ортофосфорна кислота, яка виконує роль каталізатора у цьому процесі, постачається до ливарних цехів у вигляді концентрованого водного розчину. Її концентрація становить 82–84%, а густина знаходиться в межах 1,65–1,70 г/см³, що гарантує необхідну активність і стабільність під час змішування зі смолою та піском. Властивості суміші наведено в (табл. 7.9).

Таблиця 7.8 – Склад стрижневої суміші в Furan-процесі, % [10]

Пісок кварцовий	Смола	Затверджувач
2K ₂ O ₂ O ₂	Карбамідо-фуранова смола БС-40 або KOOLKAT	Ортофосфорна кислота або кислотний каталізатор Kaltharz
Основа	1,8...2,0	1,1...1,5

Таблиця 7.9 – Властивості суміші [10]

Міцність при розриванні, Мпа, не менше ніж через			Обсипаємість, % не більше	Газотворність, см ³ /г	Живучість, хв	Тривалість зміцнення, хв
0 год	1 год	24 год				
-	0,2	0,7-1,0	0,06	20	5...10	6...7

Застосування холоднотвердних карбамідо-фуранових стрижневих сумішей забезпечує високу якість виготовлення стрижнів та стабільність технологічного процесу. Завдяки поєднанню активних смол і ефективних затверджувачів досягається оптимальна міцність, точність та термостійкість стрижнів під час заливання розплавленого чавуну. Використання ортофосфорної кислоти як каталізатора гарантує контрольовану швидкість твердіння та рівномірність структури формувального матеріалу.

Крім того, використання холоднотвердних сумішей дозволяє скоротити енергетичні витрати, оскільки процес твердіння відбувається без додаткового нагрівання. Це сприяє підвищенню продуктивності стрижневого відділення, покращенню умов праці персоналу та забезпеченню стабільної якості виливків у серійному виробництві.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ

8.1 Розрахунок галтувального барабану типу 14212

Дуже важливим для нормального процесу очищення виливків є вибір частоти обертання барабану. Для зростання кількості контактів і швидкостей ковзання виливків бажано частоту обертання барабана збільшити.

Але, при занадто швидкому обертанні барабану відцентрова сила може зрости настільки, що різниця між нею і масою виливки стане недостатньою для подолання опору взаємному ковзанню виливків. При цьому процес очищення виливків припиниться.

Шляхом аналізу роботи барабанів, встановлено емпіричне правило: відцентрова сила виливка на внутрішній поверхні барабана не повинна перевищувати половини її маси для більшості барабанів із внутрішнім діаметром понад 700 мм. Розрахунок проводиться за методикою вказаною в [11].

Для барабану типу 14212 діаметром 1,2 м, приймають:

$$\text{При } D \geq 0,7\text{м } \omega_6 \leq \frac{\pi}{\sqrt{D}} = \frac{\pi}{\sqrt{1,2}} = 2,9 \text{ рад/с}, \quad (8.1)$$

8.2 Потужність приводу барабана

Завантажений виливками барабан при своєму обертанні створює момент.

Схема для визначення сил які діють на завантажений барабан наведена на рис.8.1.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ		
Розроб.		Шматков					
Перевір.		Смірнова					
Н. Контр.		Лютий					
Затверд.		Ямшинський			КПІ ім. Ігоря Сікорського		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						55	106

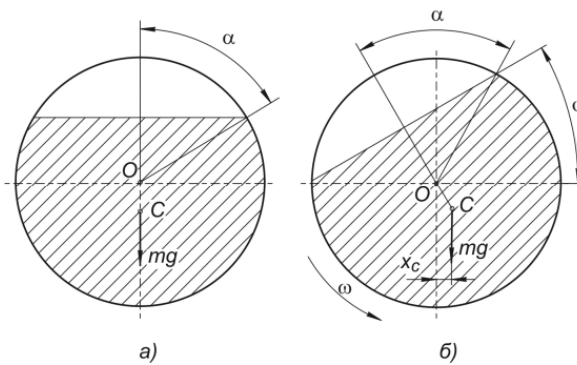


Рисунок 8.1 – Схема поперечного перерізу гальтувального барабана

Величина кута φ що показано на рис 9.1 при обертанні барабану, залежить від відношення габаритів виливків, до діаметра барабана. За практичними даними цей кут знаходиться в межах $\varphi=35^\circ - 45^\circ$. Через нахил вільної поверхні завантаження на кут φ , зміщення центру тяжіння перетину від вертикальної вісі становить (наприклад при середньому кутові 40°):

$$x_c = e \times \sin \varphi,$$

де e – відстань від центру ваги площі кругового сегмента утвореного завантаженими деталями та зірочками, до центру кола.

Величина e обчислюється за формулою:

$$e = \frac{2}{3} \times \frac{D \times \sin^3 \alpha}{2 \times \alpha - \sin 2\alpha}, \quad (8.2)$$

де α – половина центрального кута сегмента, рад.

Тоді виходить:

$$e = \frac{2}{3} \times \frac{0,8 \times \sin^3 40}{2 \times 40 - \sin 80} = 0,0027.$$

Зміщення, ексцентриситет становить:

$$x_c = 0,0027 \times \sin 40 = 0,002.$$

Момент відносно осі обертання барабану при цьому:

$$M = x_c \times m \times g, \quad (8.3)$$

де m – маса завантаження барабана, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с.

Маса завантаження барабану складає:

$$m = V \times K \times \rho, \quad (8.4)$$

де V – об'єм барабану, м^3 ;

K – коефіцієнт завантаження барабану;

ρ – насипна густина виливків, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$V = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times H = \frac{1}{4} \pi \times 1,6 \times 1,2^2 = 1,81 \text{ м}^3.$$

Практикою встановлено, що для забезпечення найбільшої продуктивності очищення коефіцієнт завантаження K рекомендовано мати в межах $K = 0,7 - 0,8$.

Для розрахунків приймають $K = 0,75$. При насипній густині виливків $\rho = 3500 \text{ кг}/\text{м}^3$:

$$m = 1,81 \times 0,75 \times 3500 = 4751 \text{ кг}.$$

Кут α залежить від коефіцієнта завантаження барабану K .

Цей коефіцієнт являє собою відношення об'єму завантажених у барабан виливків та зірочок до його номінального обсягу.

З вищенаведених формул, видно, що у всьому практичному діапазоні значень $K = 0,2 - 1,0$ залежність e від K становить:

$$e = 0,424 \times (1 - K) \times D. \quad (8.5)$$

Виходить:

$$e = 0,424 \times (1 - 0,75) \times 0,8 = 0,085.$$

Тоді обертальний момент в барабані:

$$M = 0,002 \times 4751 \times 9,81 = 93,2 \text{ Н} \times \text{м}.$$

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

9.1 Витрати електроенергії

Розраховується кількість електроенергії, необхідної для забезпечення роботи відділення фінішних операцій.

Обсяг витрат електроенергії визначають на підставі вибору і розрахунку кількості технологічного обладнання, використання його встановленої потужності при запланованому режимі роботи. Опис обладнання, яке застосовується у відділенні фінішних операцій вказано в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Обладнання відділення фінішних операцій

Обладнання	Марка	Потужність, кВт	Кількість	Сумарна потужність, кВт
Барабан галтувальний	14212	22	1	22
Барабан дробометний	42233	42	1	42
Верстати абразивного зачищення	4586 та 4594	75 + 104 = 179	1 + 1	179
Обдирочно-шлифувальний верстати	99910 та 3Е375	80+90+90	1 + 2	260
Машина для мийки	М10	3	3	9
Комплекс оснащення для ґрунтування виливків	-	-	-	11
Піч термічна з вкатним подом	СДО-12.24.10/10	140	3	420
Піч термічна з вкатним подом	СДО-10.15.10/10	85	4	340
Ручна техніка, електроінструмент, обрубні верстати	-	-	-	30
ВСЬОГО				1282

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.	Шматков						
Перевір.	Смірнова						
Н. Контр.	Лютин						
Затверд.	Ямшинський						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						58	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

Сумарні витрати електроенергії для відділення складають:

$$E = \sum E_i, \quad (9.1)$$

де E_i – витрати електроенергії енерговитратними складовими відділення які наведені нижче, кВт.

Витрата електроенергії обладнанням відділення складає [12]:

$$E_1 = \sum M \times \Phi \times \eta \times K_1 \times K_2, \quad (9.2)$$

де $\sum M$ – сумарна встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

η – коефіцієнт завантаження обладнання, що дорівнює 0,8;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи (приймається рівним: для очисного обладнання 0,6;

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

Витрата електроенергії обладнанням відділення розраховуються сумуванням кожного обладнання:

$$\begin{aligned} E_1 &= (3680(22 + 42) + 3840 \times (260 + 9 + 11 + 420 + 340 + 30) \times 0,8 \times 0,6 \times 0,7) \\ &= 1162022 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \end{aligned}$$

Витрати електроенергії на транспортні установки, що працюють безперервно, (тобто на конвейєри) для переміщення виливків, визначають за формулою [12]:

$$E_1 = \sum P_6 \times \Phi_d \times \eta, \quad (9.3)$$

де $\sum P_6$ – сумарна потужність устаткування, кВт;

η – коефіцієнт використання потужності ($\eta = 0,75$).

У відділенні фінішних операцій в якості безперервного транспорту застосовуються 6 пластинчастих конвеєрів та один підвісний (на ділянці ґрунтування) для транспортування виливків. Сумарна потужність всіх конвеєрів складає приблизно 100 кВт.

$$E_2 = 100 \times 3800 \times 0,75 = 285000 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для всіх кранів (вони працюють періодично) витрати електроенергії визначають за формулою [12]:

$$E_3 = \sum P_{\text{п}} \times t \times \eta, \quad (9.4)$$

де $\Sigma P_{\text{п}}$ – потужність приводів всіх кранів, кВт;

t – тривалість робочого циклу крану в році, год; $t = 3000$ год;

η – коефіцієнт використання потужності ($\eta = 0,75$).

Кількість кранів – 2, потужність кожного крану – 20 кВт.

Вантажопідйомність крану складає 10 тонн.

$$E_3 = 2 \times 20 \times 3000 \times 0,75 = 90000 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії на освітлення розраховують за формулою [12]:

$$E_4 = 0,001 \times p \times F \times \Phi_0, \quad (9.5)$$

де p – середні витрати електроенергії за 1 год на 1 м² площі:

виробничі відділення ливарного цеху – 15 – 18 Вт;

складські приміщення всіх рівнів – 8 – 10 Вт;

побутові приміщення – 8 Вт;

Φ_0 – річна кількість освітлювального навантаження; год: для двозмінної роботи – 2300 – 2500 год;

F – площа, яка освітлюється, м²;

Для даного відділення разом з побутовими приміщеннями $F = 30 \times 72 = 2160 \text{ м}^2$.

$$E_4 = 0,001 \times 15 \times 2160 \times 2400 = 77760 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальні витрати електроенергії на річну програму виробництва у відділенні фінішних операцій складають:

$$E = 1162022 + 285000 + 90000 = 1614782 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.2 Витрати стисненого повітря

Стиснене повітря у відділенні фінішних операцій майже не застосовується (дробоструйні камери відсутні), тому в розрахунках не враховується.

9.3 Витрати води

У відділенні фінішних операцій вода застосовується на:

- 1) технологічні потреби (охолодження, мийка виливків);
- 2) допоміжні операції (охолодження обладнання, верстатів);
- 3) побутові потреби (душові, пиття, мийка).

Основне обладнання яке споживає технічну воду у відділенні фінішних операцій та міра споживання наведено в табл. 9.2.

Таблиця 9.2 – Обладнання, яке споживає технічну воду у відділенні фінішних операцій

Обладнання	Марка	Витрати води, м ³ /год	Кількість обладнання	Сумарна витрата води, м ³ /год
Верстати абразивного зачищення	4586 та 4594	$2,4 + 6,6 = 9,0$	1+1	9,0 або
34560 т на програму				
Верстати шліфування	99910 та 3E375	$1,2 + 3,5 \cdot 2 = 8,2$	1+2	8,2 або 31488 т на програму
Мийка виливків	-	10 м ³ /т	-	65000 т на програму
Охолодження інших верстатів, інструменту	-	2 м ³ /т		13000 т на програму

Для зменшення споживання водних ресурсів у відділенні передбачається використання оборотних систем водопостачання. Після очищення та охолодження вода повторно подається до споживачів, що дозволяє знизити витрати свіжої води та зменшити навантаження на систему водовідведення підприємства.

Якість технічної води повинна відповідати вимогам експлуатації обладнання. Особлива увага приділяється відсутності механічних домішок і підтриманню необхідного температурного режиму, оскільки це безпосередньо впливає на ефективність охолодження інструменту та довговічність обладнання.

Витрати води на побутові потреби складають близько 30 % від витрат наведених в таблиці, тобто становлять приблизно 54000 т. Основну частину побутових витрат становлять душові та мийка підлоги відділення.

Загальні витрати води відділенням складають 214000 тонн/рік.

9.4 Витрати палива

У відділенні фінішних операцій паливо фактично не застосовується. Все обладнання (в тому числі і печі для термообробки) електричне.

Відсутність паливоспоживаючого обладнання позитивно впливає на екологічні показники відділення, оскільки виключаються викиди продуктів згоряння безпосередньо у виробничих приміщеннях. Це також спрощує організацію систем вентиляції та підвищує рівень пожежної безпеки.

Енергозабезпечення відділення здійснюється виключно за рахунок електричної енергії, що подається до технологічного обладнання через внутрішньоцехові мережі. Витрати електроенергії враховуються окремо при розрахунку енергетичного балансу цеху.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

Будівля цеху одноповерхова. Всі виробничі, невиробничі, побутові відділення розташовуються на одному поверсі.

Підлога в цеху – бетонні плити із залізоцементним покриттям.

Розрахункове навантаження на підлогу у відділенні при максимальній масі виливка до 100 кг має складає 3-4 т/м².

Крок колон складає 6000 мм. Переріз колон – квадратний розміром 500×500 мм. Висота підкранової колони складає 8400 мм.

Висота проїмів над конвейєрами складає 2500 мм. Елементи перерізу відділення зображені на рис. 10.1

Світлоаераційні ліхтарі встановлюються на даху та мають розмір 12000×12000 мм.

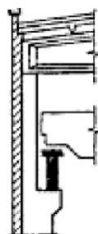


Рисунок 10.1 – Елементи перерізу відділення

Товщина зовнішніх стін та стін між відділеннями 540 мм, стін між дільницями 400 мм, а перегородок – 250 мм.

Двері двустворкові застосовуються у місцях частого проходу людей або там де є потреба в переміщенні відносно габаритного вантажу (до 1500 мм), в основному між відділеннями. Одностворкові двері застосовуються для входу в побутові приміщення.

Ширина двустворкових дверей становить 2000 мм, одностворкової – 1000 мм. Висота приміщення від підлоги до рівня головки підкранової рельси становить 8,4 м. Висота до рівня нижньої точки ферми – 10,6 м.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА		
Розроб.	Шматков						
Перевір.	Смірнова						
Н. Контр.	Лютин						
Затверд.	Ямшинський						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						63	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

11 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

11.1 Розрахунок чисельності працівників відділення фінішних операцій

Ефективність функціонування відділення фінішних операцій значною мірою залежить від правильного визначення чисельності виробничого персоналу [15]. Недостатня кількість працівників призводить до простоїв обладнання та порушення виробничого ритму, тоді як надлишкова чисельність спричиняє зростання витрат на утримання персоналу та зниження продуктивності праці.

У проєктованому відділенні виконуються операції очищення виливків від залишків формувальної суміші, видалення ливниково-живильної системи, дробометного очищення, зачищення поверхні, термічної обробки, контролю якості, мийки, ґрунтування та складування готової продукції. Відділення працює у двозмінному режимі та забезпечує обробку чавунних і сталевих виливків при річній виробничій програмі 6500 т придатного литва.

Для визначення облікової чисельності працівників необхідно розрахувати ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік [1].

Баланс робочого часу одного середньооблікового працівника наведено в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 – Баланс робочого часу одного працівника

Показник		Значення
Календарна тривалість року, днів		365
Вихідні та святкові дні, днів		119
Номінальний фонд робочого часу, днів		246
Невиходи на роботу, днів		26
у тому числі:		
– щорічна відпустка		20

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.	Шматков						
Перевір.	Смірнова						
Н. Контр.	Лютин						
Затверд.	Ямшинський						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						64	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

– тимчасова непрацездатність	4
– виконання державних обов'язків	1
– інші невиходи	1
Явочний фонд часу, днів	220
Середня тривалість зміни, год	8
Скорочення робочого часу, год	0,4
Ефективна тривалість зміни, год	7,6
Ефективний фонд робочого часу за рік, год	1672

Відповідно до даних таблиці 11.1 визначається коефіцієнт облікового складу працівників.

Коефіцієнт облікового складу розраховується за формулою:

$$K_{об} = \frac{\Phi_{н}}{\Phi_{я}}, \quad (11.1)$$

де $\Phi_{н}$ – номінальний фонд робочого часу одного працівника, днів;

$\Phi_{я}$ – явочний фонд робочого часу одного працівника, днів.

Підставляючи значення у формулу (12.1), отримуємо

$$K_{об} = \frac{246}{220} = 1,2.$$

Отримане значення показує, що для забезпечення одного робочого місця необхідно передбачити 1,12 працівника облікового складу.

Чисельність основних виробничих робітників визначається виходячи з кількості технологічного обладнання та режиму його роботи. До основних робітників відносяться працівники, які безпосередньо беруть участь у виконанні технологічних операцій.

Результати розрахунку чисельності основних робітників наведено в таблиці 11.2.

Таблиця 11.2 – Чисельність основних виробничих робітників

Професія	Явочна чисельність, осіб	Коефіцієнт облікового складу	Облікова чисельність, осіб
Оператор галтувального барабана	2	1,12	2
Оператор дробометного барабана	2	1,12	2
Терміст	4	1,12	5
Шліфувальник	4	1,12	5
Обрубувач лиття	4	1,12	5
Контролер ВТК	2	1,12	2
Оператор мийки та ґрунтування	2	1,12	2
Лаборант	1	1,12	1
Разом	21	–	24

Згідно з даними таблиці 11.2 облікова чисельність основних виробничих робітників становить 24 особи.

Для забезпечення безперебійної роботи обладнання та внутрішньоцехового транспорту необхідно передбачити допоміжних робітників. До цієї категорії належать працівники, які виконують ремонт, технічне обслуговування обладнання, транспортування та складські операції.

Чисельність допоміжних робітників наведено в таблиці 11.3.

Таблиця 11.3 – Чисельність допоміжних робітників

Професія	Явочна чисельність, осіб	Коефіцієнт облікового складу	Облікова чисельність, осіб
Електромонтер	2	1,12	2
Слюсар-ремонтник	2	1,12	2
Водій електронавантажувача	2	1,12	2

Комірник	2	1,12	2
Підсобний робітник	2	1,12	2
Разом	10	–	10

Відповідно до таблиці 11.3 облікова чисельність допоміжних робітників становить 10 осіб.

Для керування виробничим процесом та здійснення контролю за роботою відділення передбачається інженерно-технічний та адміністративний персонал.

Склад інженерно-технічного персоналу наведено в таблиці 11.4.

Таблиця 11.4 – Чисельність інженерно-технічного та адміністративного персоналу

Посада	Кількість, осіб
Начальник відділення	1
Майстер зміни	2
Технолог	1
Інженер лабораторії	1
Прибиральник виробничих приміщень	1
Разом	6

Загальна чисельність працівників відділення визначається за формулою:

$$Ч_{\text{заг}} = Ч_{\text{осн}} + Ч_{\text{доп}} + Ч_{\text{ітр}}, \quad (11.2)$$

де $Ч_{\text{осн}}$ – чисельність основних виробничих робітників, осіб;

$Ч_{\text{доп}}$ – чисельність допоміжних робітників, осіб;

($Ч_{\text{ітр}}$ – чисельність інженерно-технічного та адміністративного персоналу, осіб.

Підставляючи отримані значення у формулу (11.2), одержуємо

$$Ч_{\text{заг}} = 24 + 10 + 6 = 40 \text{ осіб.}$$

Отже, для забезпечення виконання річної програми виробництва у відділенні фінішних операцій необхідно передбачити штат чисельністю 40 працівників. Прийнята чисельність забезпечує обслуговування всього технологічного обладнання, виконання операцій контролю якості та функціонування допоміжних служб відділення.

11.2 Розрахунок фонду оплати праці працівників відділення фінішних операцій

Одним із найважливіших економічних показників діяльності виробничого підрозділу є фонд оплати праці. Величина фонду оплати праці впливає на собівартість продукції, продуктивність праці та загальну ефективність функціонування відділення [16].

До складу фонду оплати праці входять:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- преміальні виплати;
- нарахування єдиного соціального внеску [16].

Вихідними даними для розрахунку є чисельність працівників відділення, визначена в підрозділі 11.1, та прийняті посадові оклади і тарифні ставки.

Місячні посадові оклади працівників відділення наведено в таблиці 11.5.

Таблиця 11.5 – Посадові оклади працівників відділення фінішних операцій

Посада (професія)	Кількість, осіб	Оклад, грн/міс
Начальник відділення	1	30000
Майстер зміни	2	24000
Технолог	1	26000
Інженер лабораторії	1	24000
Лаборант	1	18000

Оператор галтувального барабана	2	19000
Оператор дробометного барабана	2	20000
Терміст	5	22000
Шліфувальник	2	20000
Обрубувач лиття	5	20000
Контролер ВТК	5	20000
Оператор мийки та ґрунтування	5	18000
Електромонтер	2	22000
Слюсар-ремонтник	2	22000
Водій електронавантажувача	2	18000
Комірник	2	17000
Підсобний робітник	2	16000
Прибиральник виробничих приміщень	1	14000

На основі даних таблиці 11.5 визначається річний фонд основної заробітної плати.

Річний фонд основної заробітної плати розраховується за формулою:

$$\Phi_{\text{осн}} = 12 \sum_{i=1}^n (Ч_i \times З_i), \quad (11.3)$$

де $Ч_i$ – чисельність працівників i -ї професії, осіб;

$З_i$ – місячний посадовий оклад або тарифна ставка працівника, грн;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунку основної заробітної плати наведено в таблиці 11.6.

Таблиця 11.6 – Розрахунок річного фонду основної заробітної плати

Посада (професія)	Кількість, осіб	Річний фонд заробітної плати, грн
Начальник відділення	1	360000
Майстер зміни	2	576000
Технолог	1	312000

Інженер лабораторії	1	288000
Лаборант	1	216000
Оператор галтувального барабана	2	456000
Оператор дробометного барабана	2	480000
Терміст	5	1320000
Шліфувальник	2	1200000
Обрубувач лиття	5	1200000
Контролер ВТК	5	480000
Оператор мийки та ґрунтування	5	432000
Електромонтер	2	528000
Слюсар-ремонтник	2	528000
Водій електронавантажувача	2	432000
Комірник	2	408000
Підсобний робітник	2	384000
Прибиральник виробничих приміщень	1	168000
Разом	40	9 768 000

Згідно з даними таблиці 11.6 річний фонд основної заробітної плати працівників відділення становить 9,768 млн грн.

Для стимулювання працівників до підвищення продуктивності праці та забезпечення виконання виробничої програми передбачається виплата премій у розмірі 20 % від основної заробітної плати.

Фонд преміальних виплат визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{пр}} = 0,2 \times \Phi_{\text{осн}}, \quad (11.4)$$

де $\Phi_{\text{осн}}$ – річний фонд основної заробітної плати, грн.

Підставляючи значення у формулу (11.4), отримуємо

$$\Phi_{\text{пр}} = 0,2 \times 9768000 = 1953600 \text{ грн.}$$

Крім основної заробітної плати та премій працівникам виплачується додаткова заробітна плата, яка включає оплату відпусток, компенсаційні виплати та інші виплати, передбачені трудовим законодавством.

Розмір додаткової заробітної плати приймається на рівні 15 % від основної заробітної плати.

Фонд додаткової заробітної плати визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{дод}} = 0,15 \times \Phi_{\text{осн}}, \quad (11.5)$$

де $\Phi_{\text{осн}}$ – річний фонд основної заробітної плати, грн.

Тоді

$$\Phi_{\text{дод}} = 0,15 \times 9768000 = 1465200 \text{ грн.}$$

Загальний фонд оплати праці визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{заг}} = \Phi_{\text{осн}} + \Phi_{\text{пр}} + \Phi_{\text{дод}}, \quad (11.6)$$

де $\Phi_{\text{осн}}$ – основна заробітна плата, грн;

$\Phi_{\text{пр}}$ – преміальні виплати, грн;

$\Phi_{\text{дод}}$ – додаткова заробітна плата, грн.

Після підстановки значень у формулу (11.6) отримуємо

$$\Phi_{\text{заг}} = 9768000 + 1953600 + 1465200 = 13186800 \text{ грн.}$$

Нарахування єдиного соціального внеску здійснюється відповідно до чинного законодавства та становить 22 % від фонду оплати праці.

Сума єдиного соціального внеску визначається за формулою:

$$\text{ЄСВ} = 0,22 \times \Phi_{\text{заг}}, \quad (11.7)$$

де $\Phi_{\text{заг}}$ – загальний фонд оплати праці, грн.

$$\text{ЄСВ} = 0,22 \times 13186800 = 2901096 \text{ грн.}$$

Підсумкові результати розрахунку фонду оплати праці наведено в таблиці 11.7.

Таблиця 11.7 – Структура річного фонду оплати праці

Показник	Значення, грн
Основна заробітна плата	9768000
Преміальні виплати	1953600
Додаткова заробітна плата	1465200

Загальний фонд оплати праці	13186800
ЄСВ (22 %)	2901096
Разом витрати на оплату праці	16087896

Як видно з таблиці 11.7, сумарні витрати на оплату праці працівників відділення фінішних операцій з урахуванням обов'язкових нарахувань становлять 16,09 млн грн на рік. Отримане значення буде використане при визначенні собівартості обробки виливків та розрахунку основних техніко-економічних показників роботи відділення.

11.3 Визначення продуктивності праці

Продуктивність праці є одним із найважливіших техніко-економічних показників діяльності виробничого підрозділу. Цей показник характеризує ефективність використання трудових ресурсів та визначає обсяг продукції, який припадає на одного працівника за певний проміжок часу [17].

Для відділення фінішних операцій продуктивність праці визначається відношенням річного випуску придатних виливків до середньооблікової чисельності персоналу.

Продуктивність праці визначається за формулою [3]:

$$P_{\text{п}} = \frac{M}{\text{Ч}_{\text{заг}}}, \quad (11.8)$$

де M – річний випуск придатних виливків, т/рік;

$\text{Ч}_{\text{заг}}$ – загальна чисельність працівників відділення, осіб.

Річна виробнича програма відділення становить 6500 т придатних виливків на рік, а загальна чисельність працівників згідно з підрозділом 11.1 становить 40 осіб.

Підставляючи вихідні дані у формулу (11.8), отримуємо:

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$П_{\Pi} = \frac{6500}{40} = 162,5 \text{ т/особу.}$$

Отже, на одного працівника відділення фінішних операцій припадає 162,5 т готової продукції на рік.

Для більш детальної оцінки ефективності роботи персоналу доцільно визначити продуктивність праці лише основних виробничих робітників.

Продуктивність праці основних робітників визначається за формулою:

$$П_{\text{осн}} = \frac{М}{Ч_{\text{осн}}}, \quad (11.9)$$

де $Ч_{\text{осн}}$ – чисельність основних виробничих робітників, осіб.

Згідно з результатами розрахунку чисельність основних виробничих робітників становить 24 особи.

Виходить

$$П_{\text{осн}} = \frac{6500}{28} = 270,8 \text{ т/особу.}$$

Отримане значення свідчить про достатньо високий рівень завантаження основного виробничого персоналу.

Результати розрахунків продуктивності праці наведено в таблиці 11.8.

Таблиця 11.8 – Показники продуктивності праці

Показник	Значення
Річний випуск продукції, т/рік	6500
Загальна чисельність працівників, осіб	40
Чисельність основних робітників, осіб	24
Продуктивність праці одного працівника, т/особу	162,5
Продуктивність праці основного робітника, т/особу	270,8

Як видно з таблиці 11.8, найбільший вплив на ефективність роботи відділення здійснює рівень використання основних виробничих робітників, які безпосередньо виконують технологічні операції очищення, зачищення, термічної обробки та контролю якості виливків.

11.4 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення являють собою сукупність одноразових витрат, необхідних для створення та функціонування виробничого підрозділу. До складу капітальних вкладень входять витрати на придбання технологічного обладнання, транспортних засобів, виробничих площ, а також формування оборотних коштів [18].

Основну частину капітальних вкладень становить вартість технологічного обладнання відділення фінішних операцій.

Перелік основного обладнання відділення наведено в таблиці 11.9.

Таблиця 11.9 – Основне технологічне обладнання відділення фінішних операцій

Найменування обладнання	Кількість, шт
Галтувальний барабан 14212	1
Дробометний барабан 42233	1
Верстат абразивного зачищення 4586	1
Верстат абразивного зачищення 4594	1
Верстат шліфувальний 99910	1
Верстат шліфувальний 3Е375	2
Машина для мийки виливків	3
Комплекс ґрунтування	1
Термічна піч СДО-12.24.10/10	3
Термічна піч СДО-10.15.10/10	4

На підставі ринкових цін на промислове обладнання та даних аналогічних виробництв визначається балансова вартість технологічного оснащення. При цьому додатково враховуються витрати на транспортування, монтаж та пусконаладжувальні роботи.

Результати оцінки вартості обладнання наведено в таблиці 11.10.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.10 – Вартість технологічного обладнання [18]

Найменування обладнання	Вартість одиниці, тис. грн	Кількість	Загальна вартість, тис. грн
Галтувальний барабан	900	1	900
Дробометний барабан	1500	1	1500
Верстати абразивного зачищення	1200	2	2400
Шліфувальні верстати	850	3	2550
Машини для мийки	400	3	1200
Комплекс ґрунтування	800	1	800
Термічні печі	2500	7	17500
Разом	-	-	26850

Витрати на транспортування, монтаж та пусконаладжувальні роботи приймаються у розмірі 20 % від вартості обладнання.

Вартість монтажних робіт визначається за формулою:

$$K_m = 0,2 \times K_{об}, \quad (11.10)$$

де $K_{об}$ – вартість технологічного обладнання, тис. грн.

Тоді

$$K_m = 0,2 \times 26850 = 5370 \text{ тис. грн.}$$

Сумарна вартість обладнання з урахуванням монтажу становить

$$K_{обл} = 26850 + 5370 = 32220 \text{ тис. грн.}$$

Для розміщення обладнання використовується виробнича площа відділення 2160 м².

Орієнтовна вартість виробничих площ визначається з розрахунку 12000 грн за 1 м² виробничої площі.

Тоді вартість виробничої будівлі становить 25920 тис. грн.

Підсумкова структура капітальних вкладень наведена в таблиці 11.11.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 11.11 – Структура капітальних вкладень

Стаття витрат	Вартість, тис. грн
Технологічне обладнання	26850
Монтаж та пусканалагодження	5370
Виробнича будівля	25920
Оборотні кошти (10 %)	5814
Разом капітальні вкладення	63954

Таким чином, загальний обсяг капітальних вкладень, необхідних для створення та функціонування відділення фінішних операцій, становить 63,95 млн грн. Отримане значення буде використане при подальшому визначенні економічної ефективності роботи відділення.

11.5 Розрахунок експлуатаційних витрат відділення фінішних операцій

Експлуатаційні витрати являють собою поточні витрати підприємства, необхідні для забезпечення функціонування виробничого підрозділу. До складу експлуатаційних витрат входять витрати на оплату праці, енергоносії, водопостачання, ремонт обладнання, амортизаційні відрахування та інші виробничі витрати [19].

Визначення експлуатаційних витрат необхідне для подальшого розрахунку собівартості продукції та оцінки економічної ефективності проєктованого відділення.

Однією з найбільших статей витрат є витрати на оплату праці персоналу.

Згідно з результатами розрахунків, виконаних у підрозділі 11.2, загальні витрати на оплату праці становлять $V_{ЗП} = 16087896$ грн.

Наступною складовою є витрати на електроенергію.

Відповідно до енергетичного розділу дипломного проєкту сумарна встановлена потужність обладнання відділення становить 1313 кВт. До складу

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживачів електроенергії входять термічні печі, галтувальні та дробометні барабани, шліфувальні верстати, обладнання для мийки та ґрунтування виливків [19].

Річні витрати електроенергії визначаються за формулою:

$$W = P \times F \times K_3, \quad (11.11)$$

де P – сумарна встановлена потужність обладнання, кВт;

F – річний фонд роботи обладнання, год;

K_3 – коефіцієнт завантаження обладнання.

Для розрахунку приймаємо $P=1313$; кВт; $F=4015$; год; $K_3=0,75$.

Тоді виходить

$$W = 1313 \times 4015 \times 0,75 + 3953771 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість електроенергії визначається за тарифом 7 грн/кВт·год.

Тоді річні витрати на електроенергію становлять

$$B_{\text{ел}} = 3953771 \times 7 = 27676397 \text{ грн.}$$

Крім електроенергії у відділенні використовується технічна та побутова вода.

Згідно з енергетичним розділом загальні витрати води становлять 214000 м³ на рік.

Вартість водопостачання визначається за формулою:

$$B_{\text{в}} = Q_{\text{в}} \times C_{\text{в}}, \quad (11.12)$$

де $Q_{\text{в}}$ – річне споживання води, м³;

$C_{\text{в}}$ – вартість 1 м³ води, грн.

Приймаючи вартість води рівною 35 грн/м³, отримуємо

$$B_{\text{в}} = 214000 \times 35 = 7490000 \text{ грн.}$$

Для забезпечення працездатності обладнання необхідно виконувати планові ремонти та технічне обслуговування.

Витрати на ремонт обладнання приймаються у розмірі 5 % від вартості технологічного обладнання:

$$B_{\text{рем}} = 0,05 \times K_{\text{об}}, \quad (11.13)$$

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{об}$ – балансова вартість технологічного обладнання, грн.

$$B_{рем} = 0,05 \times 26850000 = 1342500 \text{ грн.}$$

Важливою статтею витрат є амортизаційні відрахування.

Річна сума амортизації визначається за формулою:

$$A = \frac{K \times H_a}{100}, \quad (11.14)$$

де K – вартість основних фондів, грн;

H_a – норма амортизації, %.

Для обладнання приймається норма амортизації 10 %.

Тоді

$$A = \frac{32220000 \times 10}{100} = 3222000 \text{ грн.}$$

Підсумкові експлуатаційні витрати наведено в таблиці 11.12.

Таблиця 11.12 – Річні експлуатаційні витрати відділення

Стаття витрат	Вартість, грн
Оплата праці з нарахуваннями	16087896
Електроенергія	27676397
Водопостачання	7490000
Ремонт обладнання	1342500
Амортизація	3222000
Інші виробничі витрати (10 %)	5581879
Разом	61400672

З аналізу таблиці 11.12 видно, що найбільшу частку експлуатаційних витрат становлять витрати на електроенергію та оплату праці. Це пояснюється значною кількістю енергоємного обладнання, зокрема термічних печей та шліфувальних верстатів, а також двозмінним режимом роботи відділення.

11.6 Розрахунок собівартості обробки виливків

Собівартість є одним із найважливіших показників ефективності виробництва. Вона характеризує сумарні витрати підприємства на виготовлення або обробку одиниці продукції [20].

Собівартість обробки однієї тонни виливків визначається за формулою [20]:

$$C = \frac{V_{\text{експ}}}{M}, \quad (11.15)$$

де $V_{\text{експ}}$ – річні експлуатаційні витрати, грн;

M – річна виробнича програма, т.

Підставляючи значення у формулу (11.15), отримуємо

$$C = \frac{61400672}{6500} = 9446 \text{ грн/т.}$$

Отже, собівартість обробки однієї тонни виливків у відділенні фінішних операцій становить 9446 грн.

Для наочності структура собівартості наведена в таблиці 11.13.

Таблиця 11.13 – Структура собівартості обробки виливків

Стаття витрат	Частка, %
Оплата праці	26,2
Електроенергія	45,1
Водопостачання	12,2
Амортизація	5,2
Ремонт обладнання	2,2
Інші витрати	9,1
Разом	100

Відповідно до таблиці 11.13 найбільший вплив на величину собівартості здійснюють витрати на електроенергію, що обумовлено наявністю термічних печей великої потужності та значною тривалістю їх роботи.

11.7 Основні техніко-економічні показники роботи відділення

Для оцінки ефективності роботи проєктованого відділення фінішних операцій необхідно узагальнити результати виконаних економічних розрахунків та визначити основні техніко-економічні показники.

До основних техніко-економічних показників відносяться виробнича програма, чисельність персоналу, продуктивність праці, фонд оплати праці, капітальні вкладення, експлуатаційні витрати та собівартість продукції [21].

Узагальнені результати розрахунків наведено в таблиці 11.14.

Таблиця 11.14 – Основні техніко-економічні показники відділення фінішних операцій

Показник	Одиниця виміру	Значення
Річна виробнича програма	т/рік	6500
Площа відділення	м ²	2160
Загальна чисельність працівників	осіб	40
Чисельність основних робітників	осіб	24
Чисельність допоміжних робітників	осіб	10
Чисельність ІТП та службовців	осіб	6
Продуктивність праці одного працівника	т/особу	162,5
Продуктивність праці основного робітника	т/особу	270,8
Фонд основної заробітної плати	млн грн	9,768
Загальний фонд оплати праці	млн грн	13,187
Витрати на оплату праці з нарахуваннями	млн грн	16,088
Загальні капітальні вкладення	млн грн	63,954
Річні експлуатаційні витрати	млн грн	61,401
Собівартість обробки 1 т виливків	грн/т	9446

На основі даних таблиці 11.14 визначається питома величина капітальних вкладень на одну тонну річної виробничої програми.

Питомі капітальні вкладення визначаються за формулою:

$$K_{\text{пит}} = \frac{K_{\text{заг}}}{M}, \quad (11.16)$$

де $K_{\text{заг}}$ – загальні капітальні вкладення, грн;

M – річна виробнича програма, т.

Підставляючи значення у формулу (11.16), отримуємо

$$K_{\text{пит}} = 9839 \text{ грн/т.}$$

Важливим показником ефективності роботи виробничого підрозділу є річний обсяг витрат на одного працівника.

Цей показник визначається за формулою:

$$V_{\text{прац}} = \frac{V_{\text{експ}}}{\chi_{\text{заг}}}, \quad (11.17)$$

де $V_{\text{експ}}$ – річні експлуатаційні витрати, грн;

$\chi_{\text{заг}}$ – загальна чисельність працівників, осіб.

Після підстановки значень отримуємо

$$V_{\text{прац}} = 1535017 \text{ грн/особу.}$$

Отримані результати свідчать про те, що проєктоване відділення має достатній рівень механізації виробничих процесів та забезпечує ефективне використання трудових ресурсів.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід'ємною складовою організації сучасного виробництва та спрямована на забезпечення безпечних і здорових умов праці працівників [22, 24]. Основним завданням охорони праці є попередження виробничого травматизму, професійних захворювань та аварійних ситуацій шляхом впровадження організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів [22].

Об'єктом дослідження в даному дипломному проєкті є відділення фінішних операцій цеху чавунно-сталевих лиття продуктивністю 6500 т придатних виливків на рік.

У відділенні виконуються наступні технологічні операції:

- очищення виливків у галтувальних барабанах;
- дробометне очищення поверхні виливків;
- видалення залишків ливниково-живильної системи;
- абразивне зачищення поверхні;
- термічна обробка виливків;
- контроль якості продукції;
- мийка виливків;
- нанесення захисного ґрунтового покриття;
- складування готової продукції.

До складу відділення входять виробничі, складські, побутові та допоміжні приміщення. Загальна площа відділення становить 2160 м².

Планування відділення фінішних операцій із розташуванням технологічного обладнання наведено на рисунку 12.1.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шматков			ОХОРОНА ПРАЦІ			
Перевір.		Смірнова						
Н. Контр.		Лютин						
Затверд.		Ямшинський						
					Літ.	Арк.	Аркушів	
							82	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського			

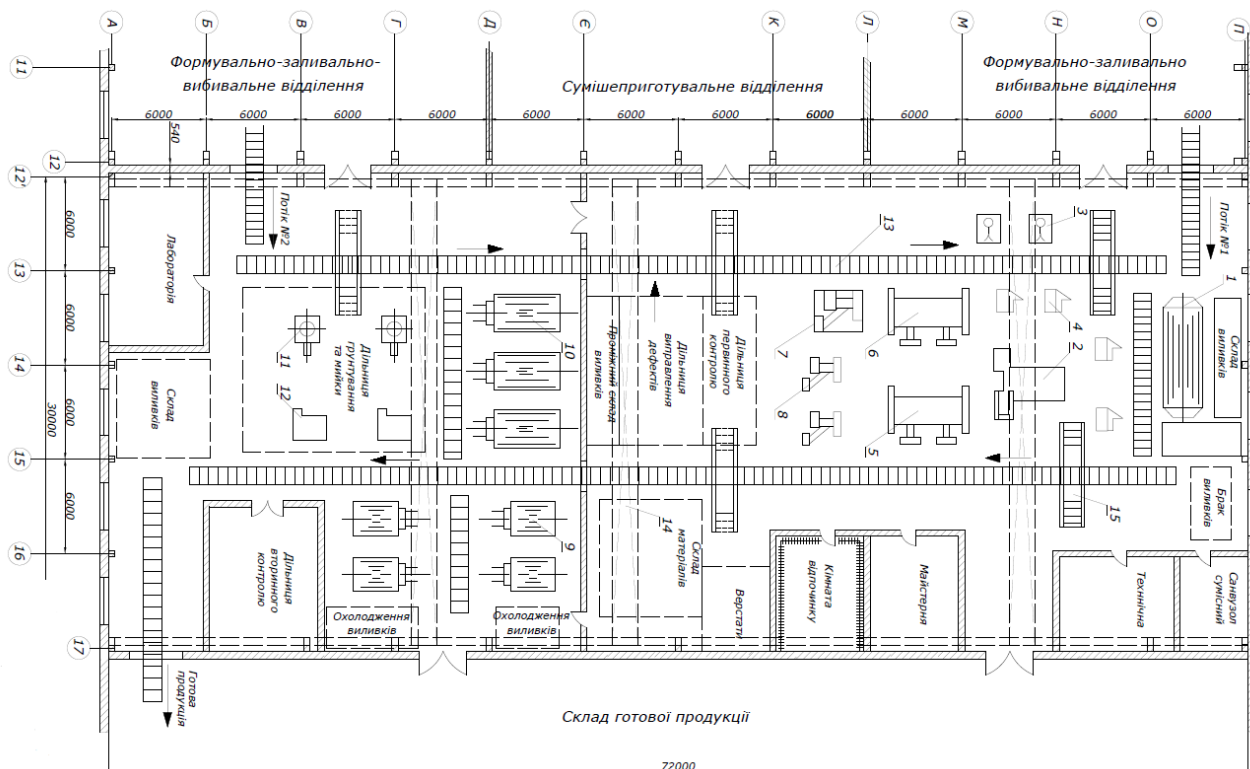


Рисунок 12.1 – План відділення фінішних операцій

У відділенні встановлено наступне основне обладнання:

- галтувальний барабан 14212;
- дробометний барабан 42233;
- верстати абразивного зачищення моделей 4586 та 4594;
- обдирочно-шліфувальні верстати 99910 та 3Е375;
- мийні установки;
- комплекс ґрунтування;
- термічні печі СДО-12.24.10/10;
- термічні печі СДО-10.15.10/10.

Особливістю роботи відділення є наявність значної кількості механічного обладнання, джерел шуму, вібрації, пилу та тепловиділень. У процесі очищення та зачищення виливків утворюється пил металу і формувальних матеріалів, а під час термічної обробки виникають підвищені теплові навантаження на працюючих.

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ		Арк.
							83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Відділення працює у двозмінному режимі. Загальна чисельність персоналу становить 40 осіб.

Враховуючи особливості технологічного процесу, при експлуатації відділення можливий вплив на працівників низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів, аналіз яких наведено в наступному підрозділі.

12.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Відповідно до вимог ДСТУ та чинного законодавства України виробничі фактори поділяються на фізичні, хімічні, психофізіологічні та біологічні [23, 24].

У відділенні фінішних операцій основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є:

- підвищений рівень шуму;
- виробнича вібрація;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- несприятливі параметри мікроклімату;
- рухомі частини машин та механізмів;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- небезпека ураження електричним струмом;
- підвищене фізичне навантаження на працівників.

Для оцінки умов праці проведемо аналіз основних виробничих факторів.

Результати аналізу наведено в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1 – Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Виробничий фактор	Джерело виникнення	Можливий вплив на працівника
Шум	Дробометний барабан, шліфувальні верстати	Погіршення слуху, швидка втомлюваність

Вібрація	Галтувальні барабани, шліфувальне обладнання	Професійні захворювання опорно-рухового апарату
Пил	Очищення та зачищення виливків	Захворювання органів дихання
Підвищена температура	Термічні печі	Перегрів організму
Рухомі механізми	Конвеєри, транспортні засоби, верстати	Травмування працівників
Електричний струм	Електрообладнання	Ураження електричним струмом
Недостатня освітленість	Робочі місця контролю та зачищення	Погіршення зору, підвищення травматизму

Перелік небезпечних та шкідливих виробничих факторів характерний для ливарних цехів і регламентується вимогами НПАОП для ливарного виробництва [25].

Як видно з таблиці 12.1, найбільшу небезпеку для працівників становлять підвищена запиленість, шум та теплове випромінювання від термічного обладнання.

Для забезпечення безпечних умов праці необхідно виконати оцінку фактичних параметрів виробничого середовища та порівняти їх з нормативними значеннями.

12.2 Дослідження параметрів мікроклімату та стану повітря робочої зони

Однією з найважливіших умов забезпечення безпечної праці у виробничих приміщеннях є підтримання нормативних параметрів мікроклімату та чистоти повітря робочої зони. Відхилення температури, вологості та швидкості руху повітря від нормативних значень негативно впливає на самопочуття працівників, знижує продуктивність праці та може спричиняти професійні захворювання.

Особливо актуальним це питання є для відділення фінішних операцій, де одночасно експлуатуються термічні печі, дробометне обладнання та шліфувальні верстати.

Під час роботи термічних печей відбувається інтенсивне виділення теплоти, що впливає на температурний режим виробничого приміщення. Водночас процеси очищення та зачищення виливків супроводжуються утворенням пилу металу, окалини та залишків формувальних сумішей.

Нормативні параметри мікроклімату для робочої зони наведено в таблиці 12.2. [27].

Таблиця 12.2 – Нормативні параметри мікроклімату для виробничих приміщень

Показник	Холодний період року	Теплий період року
Температура повітря, °С	16–18	18–25
Відносна вологість, %	40–60	40–60
Швидкість руху повітря, м/с	не більше 0,3	не більше 0,5

Нормативні параметри прийняті відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [27].

Для оцінки умов праці виконаємо порівняння фактичних та нормативних параметрів виробничого середовища.

Результати наведено в таблиці 12.3.

Таблиця 12.3 – Оцінка параметрів мікроклімату

Показник	Фактичне значення	Нормативне значення	Відповідність
Температура повітря в холодний період, °С	17	16–18	Відповідає
Температура повітря в теплий період, °С	24	18–25	Відповідає
Відносна вологість, %	55	40–60	Відповідає
Швидкість руху повітря, м/с	0,4	≤0,5	Відповідає

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 наведені параметри відповідають допустимим умовам праці [27].

Для забезпечення нормативного стану повітря робочої зони у відділенні передбачається застосування загальнообмінної та місцевої витяжної вентиляції.

Необхідний повітрообмін визначається за кратністю повітрообміну.

Об'єм виробничого приміщення визначається за формулою:

$$V = F \times H, \quad (12.1)$$

де F – площа приміщення, м^2 ;

H – висота приміщення, м .

Для відділення фінішних операцій $F = 2160 \text{ м}^2$; $H = 8 \text{ м}$.

Тоді

$$V = 2160 \times 8 = 17280 \text{ м}^3.$$

Необхідна продуктивність вентиляції визначається за формулою:

$$L = K \times V, \quad (12.2)$$

де K – кратність повітрообміну;

V – об'єм приміщення, м^3 .

Для ливарних цехів приймається кратність повітрообміну ($K=3$).

Тоді виходить

$$L = 3 \times 17280 = 51840 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначення необхідного повітрообміну виконано відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [28].

Отримане значення свідчить про необхідність використання потужної припливно-витяжної вентиляції для підтримання нормативних параметрів повітряного середовища.

Крім загальнообмінної вентиляції, безпосередньо біля дробометного обладнання, шліфувальних верстатів та дільниці ґрунтування повинні бути встановлені місцеві відсмоктувачі для уловлювання пилу та шкідливих парів безпосередньо в місці їх утворення.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для очищення повітря від пилу передбачається встановлення циклона ЦН-15 та рукавного фільтра. Застосування двоступеневої системи очищення дозволяє досягти ефективності пиловловлювання понад 95 % [29].

Таким чином, застосування загальнообмінної та місцевої вентиляції забезпечує підтримання допустимих параметрів мікроклімату та концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

12.3 Дослідження рівнів шуму, вібрації та виробничого освітлення

Під час виконання операцій очищення, зачищення та термічної обробки виливків працівники піддаються впливу фізичних виробничих факторів, серед яких найбільше значення мають шум, вібрація та недостатня освітленість робочих місць.

Тривалий вплив підвищеного рівня шуму може призвести до погіршення слуху, порушення роботи нервової системи, зниження концентрації уваги та підвищення ризику виробничого травматизму. Вібрація негативно впливає на опорно-руховий апарат та серцево-судинну систему працівників. Недостатнє освітлення викликає швидку втоми органів зору та збільшує ймовірність помилкових дій персоналу.

Основними джерелами шуму у відділенні фінішних операцій є дробометні установки, галтувальні барабани, шліфувальні верстати та транспортне обладнання.

Результати оцінки рівнів шуму наведено в таблиці 12.5 [31].

Таблиця 12.5 – Оцінка рівня шуму на робочих місцях

Робоче місце	Фактичний рівень шуму, дБА	Допустимий рівень, дБА	Відповідність
Галтувальний барабан	82	80	Не відповідає
Дробометний барабан	88	80	Не відповідає

Шліфувальна дільниця	86	80	Не відповідає
Термічна дільниця	75	80	Не відповідає
Дільниця контролю якості	68	80	Не відповідає

Допустимі рівні шуму прийняті відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 [31].

Як видно з таблиці 12.5, на окремих робочих місцях спостерігається перевищення допустимих рівнів шуму. Найбільше перевищення характерне для дробометного обладнання та шліфувальних верстатів.

Для зниження шумового навантаження передбачаються наступні заходи:

- встановлення шумопоглинальних екранів;
- застосування звукоізолюючих кожухів;
- своєчасне технічне обслуговування обладнання;
- використання працівниками протишумових навушників або вкладишів.

Поряд із шумом значний вплив на працівників чинить виробнича вібрація.

Основні джерела вібрації у відділенні наведено в таблиці 12.6.

Таблиця 12.6 – Джерела виробничої вібрації

Джерело вібрації	Характер впливу
Галтувальний барабан	Загальна вібрація
Дробометний барабан	Загальна вібрація
Шліфувальні верстати	Локальна та загальна вібрація
Електронавантажувачі	Загальна вібрація

Для зменшення рівня вібрації передбачається встановлення обладнання на вібропоглинальні опори, використання гумових прокладок та регулярний контроль технічного стану обертових механізмів.

Важливим фактором безпечної праці є належне освітлення робочих місць.

Недостатнє освітлення призводить до погіршення видимості об'єктів праці, збільшення навантаження на органи зору та підвищення ризику травматизму.

Нормовані значення освітленості для виробничих приміщень наведено в таблиці 12.7.

Таблиця 12.7 – Нормовані значення освітленості

Робоча зона	Нормована освітленість, лк
Дільниця очищення виливків	200
Дільниця зачищення	300
Термічна дільниця	200
Дільниця контролю якості	400
Склад готової продукції	100

Нормовані значення освітленості прийняті згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [32].

Для забезпечення нормативних умов праці у відділенні застосовується комбінована система освітлення, що включає природне та штучне освітлення.

Площа відділення становить $F = 2160 \text{ м}^2$.

Необхідна сумарна світлова потужність визначається за методом питомої потужності.

Розрахункова потужність освітлювальної установки визначається за формулою:

$$P_{\text{осв}} = p \times F, \quad (12.3)$$

де p – питома потужність освітлення, Вт/м²;

F – площа приміщення, м².

Для виробничих приміщень ливарних цехів приймається $p = 18 \text{ Вт/м}^2$.

Виходить

$$P_{\text{осв}} = 18 \times 2160 = 38880 \text{ Вт.}$$

Отже, для забезпечення нормативної освітленості необхідно встановити освітлювальну систему загальною потужністю близько 39 кВт.

Для підвищення безпеки праці на дільницях контролю якості та зачищення додатково передбачаються місцеві світильники, які забезпечують необхідну точність виконання технологічних операцій.

Таким чином, застосування комплексу організаційних і технічних заходів дозволяє знизити негативний вплив шуму та вібрації, а також забезпечити нормативні умови освітлення робочих місць у відділенні фінішних операцій.

12.4 Електробезпека та пожежна безпека

У відділенні фінішних операцій експлуатується значна кількість електрообладнання, до складу якого входять термічні печі, дробометні установки, галтувальні барабани, шліфувальні верстати, насосне обладнання та освітлювальні установки. У зв'язку з цим особливого значення набувають заходи електробезпеки та пожежної безпеки.

Відповідно до Правил улаштування електроустановок виробничі приміщення відділення фінішних операцій належать до приміщень із підвищеною небезпекою, оскільки в них наявні струмопровідний пил, металеві конструкції та електрообладнання значної потужності [33].

Основними причинами ураження працівників електричним струмом можуть бути:

- пошкодження ізоляції електричних мереж;
- дотик до неізольованих струмоведучих частин;
- порушення правил експлуатації електрообладнання;
- несправність захисного заземлення;
- виконання ремонтних робіт без зняття напруги.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом у відділенні передбачаються наступні заходи:

- захисне заземлення всіх металевих неструмоведучих частин обладнання;
- застосування автоматичних вимикачів та пристроїв захисного відключення;
- використання електричних кабелів із подвійною ізоляцією;
- періодичний контроль стану ізоляції електромереж;
- проведення інструктажів та перевірки знань персоналу.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір захисного заземлення не повинен перевищувати нормативних значень, установлених чинними нормативними документами.

Особливу увагу необхідно приділяти роботам з обслуговування термічних печей та електрообладнання великої потужності. Виконання ремонтних робіт дозволяється тільки після відключення обладнання від мережі та вивішування попереджувальних плакатів.

Поряд з небезпекою ураження електричним струмом у відділенні існує пожежна небезпека.

Основними причинами виникнення пожеж можуть бути:

- коротке замикання електричних мереж;
- перевантаження електрообладнання;
- несправність термічних печей;
- займання лакофарбових матеріалів на ділянці ґрунтування;
- порушення правил пожежної безпеки персоналом.

Основні пожежонебезпечні ділянки наведено в таблиці 12.8.

Таблиця 12.8 – Пожежонебезпечні ділянки відділення

Ділянка	Джерело небезпеки
Термічна ділянка	Нагріті поверхні печей
Ділянка ґрунтування	Лакофарбові матеріали
Електрощитова	Електрообладнання
Склад матеріалів	Горючі матеріали
Шліфувальна ділянка	Металевий пил та іскри

Вимоги до забезпечення пожежної безпеки визначаються Кодексом цивільного захисту України та Правилами пожежної безпеки в Україні [34].

Для запобігання виникненню пожеж у відділенні передбачаються наступні заходи:

- обладнання приміщень автоматичною пожежною сигналізацією;

- забезпечення вільного доступу до евакуаційних виходів;
- регулярний контроль технічного стану електрообладнання;
- проведення навчання працівників діям у разі виникнення пожежі;
- своєчасне прибирання виробничого пилу та відходів.

Первинні засоби пожежогасіння повинні розміщуватися в легкодоступних місцях згідно з планом евакуації та вимогами пожежної безпеки.

Потреба у вогнегасниках визначається відповідно до площі виробничого приміщення.

Для площі відділення 2160 м² доцільно передбачити встановлення порошкових та вуглекислотних вогнегасників.

Рекомендоване оснащення відділення засобами пожежогасіння наведено в таблиці 12.9.

Таблиця 12.9 – Оснащення відділення первинними засобами пожежогасіння

Найменування	Кількість, шт.
Вогнегасник порошковий ВП-9	12
Вогнегасник вуглекислотний ВВК-5	6
Пожежний щит	2
Ящик з піском	2
Пожежний інвентарний комплект	2

Оснащення приміщень первинними засобами пожежогасіння виконано відповідно до чинних норм пожежної безпеки [34].

Розташування евакуаційних виходів, пожежного інвентарю та основного обладнання наведено на рисунку 12.1.

Таким чином, реалізація комплексу організаційних та технічних заходів забезпечує належний рівень електробезпеки та пожежної безпеки під час експлуатації відділення фінішних операцій.

12.5 Заходи щодо поліпшення умов праці у відділенні фінішних операцій

Для зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів у відділенні фінішних операцій передбачається комплекс технічних, санітарно-гігієнічних та організаційних заходів.

До технічних заходів належать:

- механізація транспортних операцій;
- застосування місцевих витяжних систем вентиляції;
- встановлення шумозахисних екранів;
- використання вібропоглинальних опор для обладнання;
- автоматизація процесів термічної обробки;
- використання сучасних систем освітлення.

До санітарно-гігієнічних заходів належать:

- контроль параметрів мікроклімату;
- контроль запиленості повітря;
- регулярне прибирання виробничих приміщень;
- забезпечення працівників питною водою;
- проведення періодичних медичних оглядів.

Працівники відділення повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

Перелік основних засобів індивідуального захисту наведено в таблиці 12.10.

Таблиця 12.10 – Засоби індивідуального захисту працівників

Професія	Засоби індивідуального захисту
Терміст	Термостійкий спецодяг, захисний щиток, рукавиці
Шліфувальник	Захисні окуляри, респіратор, навушники
Обрубувач лиття	Захисний щиток, рукавиці, спецвзуття
Оператор дробометного барабана	Респіратор, навушники, окуляри
Електромонтер	Діелектричні рукавиці та килимок
Контролер ВТК	Захисні окуляри

Важливим напрямом профілактики виробничого травматизму є проведення інструктажів з охорони праці.

На підприємстві повинні проводитися:

- вступний інструктаж;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- повторний інструктаж;
- позаплановий інструктаж;
- цільовий інструктаж.

Крім того, працівники повинні проходити навчання безпечним методам роботи та перевірку знань з питань охорони праці у встановлені законодавством строки. Впровадження наведених заходів дозволяє знизити ризик виникнення аварійних ситуацій, виробничого травматизму та професійних захворювань, а також забезпечити безпечні умови праці для персоналу відділення фінішних операцій.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано розроблення технологічного процесу виготовлення чавунного виливка «Фланець напівмуфти» зі сірого чавуну СЧ200 та спроектовано відділення фінішних операцій ливарного цеху потужністю 6500 т придатних виливків на рік.

На основі аналізу виробничої програми визначено структуру цеху, обрано режим роботи та виконано розрахунок фондів часу обладнання і працівників. Для відділення фінішних операцій розраховано виробниче навантаження, підібрано необхідне обладнання та визначено його кількість.

Для виливка «Фланець напівмуфти» проведено аналіз конструкції, вибрано спосіб виготовлення у піщано-глинястих формах, спроектовано стрижень, вибрано опоки та розраховано ливникову систему. Також обґрунтовано склад формувальної та стрижневої сумішей.

Виконано розрахунок галтувального барабана та визначено основні енергетичні потреби відділення. У економічній частині встановлено чисельність персоналу, розраховано фонд оплати праці, експлуатаційні витрати та основні техніко-економічні показники.

У розділі охорони праці розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також запропоновано заходи щодо забезпечення безпечних і комфортних умов праці у відділенні фінішних операцій.

Прийняті технічні рішення забезпечують виконання виробничої програми та створюють умови для стабільної роботи відділення з необхідною якістю обробки виливків.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Шматков			ВИСНОВКИ				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Смірнова									97	106
Н. Контр.		Лютий										
Затверд.		Ямшинський										
					КПІ ім. Ігоря Сікорського							

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проектування ливарних цехів. Ч. 1 : підручник / Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 588 с.
2. Соколов К. Н. Оборудование термических цехов. – Київ ; Донецьк : Вища школа, 1984. – 328 с.
3. Конструкции и принцип работы машин литейного производства для изготовления разовых форм : атлас конструкций / Л. И. Мамина, В. Г. Бабкин, В. Н. Баранов и др. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 324 с.
4. Проектирование литейных цехов : методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 7(8).05040201 «Литейное производство черных и цветных металлов и сплавов» всех форм обучения / сост. О. В. Приходько. – Краматорск : ДГМА, 2015. – 67 с.
5. ДСТУ 8833:2019. Литво. Терміни та визначення понять.
6. ДСТУ 8981:2020. Виливки з чавуну. Загальні технічні умови.
7. Технологія конструкційних матеріалів. Організація самостійної та практичної роботи : навч. посіб. / О. П. Шиліна, В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд, О. Б. Янченко. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 110 с.
8. Опоки ливарні : навч. посіб. / С. П. Дорошенко та ін. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 120 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів / М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін. ; за ред. М. А. Сологуба. – Київ : Вища школа, 2002. – 374 с.
10. Технологія ливарної форми : метод. вказівки до практичних занять і виконання ДКР для студентів напряму підготовки 6.050402 «Ливарне виробництво» / уклад. Л. М. Сиропоршнєв, Р. В. Лютий, М. А. Фесенко. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 72 с.

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		
Розроб.		Шматков					
Перевір.		Смірнова					
Н. Контр.		Лютий					
Затверд.		Ямшинський					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						98	106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

11. Формувальні матеріали : підручник для студентів спеціальності 136 «Металургія» освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / Р. В. Лютий, І. М. Гурія. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 257 с.
12. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. – Москва : Машиностроение, 1977. – 510 с.
13. Логинов И. З. Проектирование литейных цехов. – Минск : Вышэйшая школа, 1976. – 320 с.
14. Поплавко Ю. М., Воронов С. О., Якименко Ю. І. Фізичне матеріалознавство : навч. посіб. Ч. 1. Провідники та магнетики. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 372 с.
15. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. – Москва : Машиностроение, 1985. – 319 с.
16. Покропивний С. Ф. Економіка підприємства : підручник / за ред. С. Ф. Покропивного. – Київ : КНЕУ, 2023. – 528 с.
17. Кодекс законів про працю України. – Київ : Алерта, 2026. – 312 с.
18. Гетьман О. О., Шаповал В. М. Економіка підприємства : навч. посіб. – Київ : Центр учбової літератури, 2022. – 488 с.
19. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проєктів для студентів спеціальності 136 «Металургія». – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 78 с.
20. Податковий кодекс України. – Київ : Право, 2026. – 986 с.
21. Бойчик І. М. Економіка підприємства : навч. посіб. – Київ : Кондор, 2023. – 378 с.
22. Методика визначення основних техніко-економічних показників промислових підприємств : навч.-метод. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 92 с.
23. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: ..2026).

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

24. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 32 с.

25. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання. Оцінювання ризику та зниження ризику. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 74 с.

26. НПАОП 27.5-1.08-14. Правила охорони праці у ливарному виробництві. – Київ : Міністерство соціальної політики України, 2014. – 52 с.

27. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ : МОЗ України, 1999. – 11 с.

28. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 141 с.

29. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». – Київ : МОЗ України, 2014. – 34 с.

30. Левченко Б. О. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проєктах для студентів спеціальності 136 «Металургія». – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 35 с.

31. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ : МОЗ України, 1999. – 29 с.

32. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 133 с.

33. Правила улаштування електроустановок. – Вид. офіц. – Харків : Форт, 2017. – 760 с.

34. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15> (дата звернення: ..2026).

					Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ФЛ21.2106.0001.0000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шматков			ДОДАТКИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Смірнова					101	106
						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.		Лютий						
Затверд.		Ямшинський						

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
A4			Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	<u>Документація</u>		
				<u>Складальне креслення</u>		
A1			Ф/Л21.2106.0001.0005ДП	План відділення фінішних операцій цеху чавунного та сталевих лиття потужністю 6500 тонн/рік		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Барабан галтувальний 41212	1	
		2		Барабан дробометний 42233	1	
		3		Установка для видалення надливи та ливників МПл-1,0	2	
		4		Пневматичний рубильний молот ІП-4126	4	
		5		Верстат зачисний 4386	1	
		6		Верстат зачисний 4594	1	
		7		Комплекс механізований 99910	1	
		8		Верстат 3Е375	2	
		9		Піч термічна СДО-10.15.10/10	4	
		10		Піч термічна СДО-12.24.10/10	3	
		11		Фарбувальна камера	2	
		12		Машина для миття виливків	2	
		13		Конвеєр пластинчастий	6	
		14		Кран мостовий Q = 10 тонн	2	
		15		Прохідний галтувальний барабан	1	
		16		Перехідний місток	2	
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Ф/Л21.2106.0001.0000ПЗ	
Розроб.		Шматков			ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ	
Перев.		Смірнова				
Н.контр		Лютин				
Затв.		Ямшинський				
					Літ.	Аркуш
						105
						106
					КПІ ім. Ігоря Сікорського	

[illegible]



Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

Шматко

Автор

Шматко

Науковий керівник / Експерт

Смірнова

ІД документа

334321984

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv
Politech Institute

підрозділ

ІМЗ, К-ра ливарного виробництва

ЗВІТ

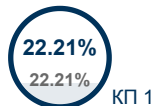
Дата звіту

6/15/2026

Дата редагування

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



20287

Кількість слів

139852

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		6
Інтервали		0
Мікропробіли		1
Білі знаки		1
Парафрази (SmartMarks)		351

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

#	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://ela.kni.ua/bitstream/123456789/55455/1/Yarema_bakalavr.pdf	50 (0 25 %)