

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О. ПАТОНА

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

До захисту допущено
Завідувач кафедри
Михайло Ямшинський
“ ” _____ 2021 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
зі спеціальності 136 «Металургія»
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення
сталевого виливка "Кришка" та організація роботи плавильного
відділення цеху екскаваторного заводу

Виконав: студент (-ка) 4 курсу, групи ФЛ-71

	<u>Соловйов Анрій Денисович</u> (прізвище, ім'я, по батькові)	_____ (підпис)
Керівник	<u>ст. викладач Лук'яненко Іван Віталійович</u> (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	_____ (підпис)
Консультант з охорони праці	<u>к.т.н., доцент Демчук Гліб Вікторович</u> (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)	_____ (підпис)
Консультант з економічної частини	<u>к.е.н, ст. викладач Нараєвський Сергій Вікторович</u> (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)	_____ (підпис)
Консультант з нормоконтролю	<u>доцент Лютий Ростислав Володимирович</u> (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)	_____ (підпис)
Рецензент	<u>ст. викл. к.т.н. Котляр Сергій Миколайович</u> (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.
Студент _____ (підпис)

Київ – 2021 р.

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

[illegible]

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

Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність 136 Металургія
Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Михайло Ямшинський
“ ____ ” _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Соловйов Андрій Денисович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Розроблення технологічного процесу виготовлення сталевих виливків "Кришка" та організація роботи плавильного відділення цеху екскаваторного заводу

Керівник проекту: Лук'яненко Іван Віталійович

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

затверджені наказом по університету від «24» травня 2021 року № 1260

2. Строк подання студентом проекту 09 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: Номенклатура виливків ливарного цеху (30 шт.) , потужність ливарного цеху 7500 т. придатного литва на рік.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1: Проаналізувати виробничу програму. 2: Обрати режим роботи і фонди часу. 3: Розрахувати плавильне відділення. 4: Розробити технологію виготовлення виливків . 5: Розробити проект індукційної тигельної печі. 6: Проаналізувати організаційно-економічні показники. 7: Розробити заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1: Планування плавильного відділення. 2: Технологія виготовлення виливків "Кришка". 3: Стрижневий ящик. 4: Форма в зборі. 5: Технологічне устаткування ІСТ - 2,5.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н, ст. викладач Нараєвський Сергій Вікторович		
Охорони праці	к.т.н., доцент Демчук Гліб Вікторович		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Переддипломна практика	12.04. ... 16.05	
2	Аналіз виробничої програми	17.05. ... 20.05	
3	Розробка технології виготовлення виливка	21.05. ... 25.05	
4	Розробка технологічного устаткування	26.05. ... 28.05	
5	Проектування плавильного відділення	29.05 ... 01.06	
6	Оформлення економічного розділу	02.06 ... 05.06	
7	Оформлення розділу з охорони праці	06.06 ... 08.06	
8	Оформлення технологічної документації	09.06 ... 15.06	
9	Рецензування	16.06 ... 17.06	
10	Захист роботи	18.06	

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення сталевих виливків "Кришка" та організація роботи плавильного відділення цеху екскаваторного заводу

РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з 84 сторінок, 23 таблиць, 9 рисунків, 13 посилань, 3 додатків.

Об'єкт проектування – розроблення схеми плавильного відділення та технологічного процесу виготовлення виливка з вуглецевої сталі «Кришка» масою 96 кг литтям в піщано-глинясті форми.

Предмет проектування – технологія ливарної форми, організація роботи плавильного відділення.

Результати проектування – розроблена технологія ливарної форми, виконано технічне планування плавильного відділення та ливарного устаткування.

Результати проектування можуть бути рекомендовані для впровадження при виробництві дрібних (до 100 кг) сталевих виливків середньої складності в умовах великосерійного або масового виробництва.

У дипломному проекті також проведено основні розрахунки організаційно-економічних чинників, а також приділено увагу захисту навколишнього середовища та покращенню санітарно-гігієнічних умов робочого місця.

ІНДУКЦІЙНА ТИГЕЛЬНА ПІЧ ІСТ-2,5, МОДЕЛЬ, ПІЩАНО-ГЛИНЯСТА ФОРМА, ПЛИТА, СТАЛЬ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Разроб.		Соловійов А.Д.						
Перев.		Лук'яненко І.В.					6	84
						НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		
Н. Контр.		Лютий Р.В.						
Затв.								

ABSTRACT

The diploma project consists of 84 pages, 23 tables, 9 figures, 13 sources, 3 applications.

The object of design is the development of the scheme of the smelting department and the technological process of production a carbon steel casting "Plate" weighing 86 kg by casting in sand-clay molds.

The subject of design is the technology of the mold, the organization of the smelting department.

The results of the design – the technology of the mold is developed, the technical planning of the melting department and foundry equipment is performed.

The design results can be recommended for implementation in the production of small (up to 100 kg) steel castings of medium complexity in terms of large-scale or mass production.

The diploma project also makes the main calculations of organizational and economic factors, as well as pays attention to environmental protection and improvement of sanitary and hygienic conditions of the workplace.

INDUCTION CRUISE OVEN ISC-2,5, MODEL, SAND-CLAY FORM,
PLATE, STEEL, TECHNOLOGY OF MANUFACTURING CASTING

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Соловйов А.Д.								
Перевір.		Лук'яненко І.В.							7	84
								НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		
Н. Контр.		Лютий Р.В.								
Затверд.										

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ІСТ – індукційна сталеплавильна піч;

мм – міліметр;

см – сантиметр;

град – градус;

кг – кілограм ;

Н – ньютон ;

τ – час;

с – секунда;

т – тонна;

шт. – штука;

хв. – хвилина;

Рис. – рисунок;

Табл. – таблиця;

Од. – одиниця;

ТЕП – техніко-економічні показники;

ДСТУ – Державний стандарт України;

ГОСТ – Міждержавний стандарт.

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Соловйов А.Д.			ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	Літ.	Арк.
Перевір.		Лук'яненко І.В.				8	84
						НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71	
Н. Контр.		Лютин Р.В.					
Затверд.							

ЗМІСТ

ЗМІСТ	9
ВСТУП.....	11
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	12
1.1 Виробнича програма	12
1.2 Структура ливарного цеху.....	15
2 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ.....	17
3 РОЗРАХУНОК ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	20
3.1 Вибір технологічного процесу виплавлення сплаву та типу плавильного агрегату	20
3.2 Визначення кількості плавильних агрегатів	21
3.3 Складання відомості витрат шихтових матеріалів.....	24
3.4 Підготовка шихти і технологія плавлення сплавів, що виплавляються в цеху.....	24
3.4.1 Підготовка шихтових матеріалів.....	24
3.4.2 Технологія плавлення.....	25
3.5 Розрахунок парку ковшів.....	26
3.6 Розрахунок кількості енергетичних затрат	26
4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА	29
4.1 Загальна характеристика литої деталі	29
4.2 Обрати технологічний процес виготовлення виливка	31
4.3 Обґрунтувати положення виливка у формі й вибір площини розрізу моделі і форми	31
4.4 Проаналізувати усадку металу виливка	32
4.5 Розрахувати припуски на механічне оброблення поверхонь виливка	33
4.6 Визначити допустимі відхилення за розмірами і масою виливка	34
4.7 Розрахувати конфігурацію та розміри стрижнів, стрижневих знаків	35
4.8 Визначення розмірів опок.....	36
4.9 Характеристика обраних опок.....	38
4.10 Розрахунок сумарної площі елементів ливникової системи	38
4.11 Розрахувати піднімальну силу сплаву.....	42
4.12 Формувальні та стрижневі суміші	45
4.13 Технологія приготування формувальної та стрижневої суміші	47

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Соловйов А.Д.			ЗМІСТ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Лук'яненко І.В.								9	84
								НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71			
Н. Контр.		Лютий Р.В.									
Затверд.											

4.14	Методи попередження утворення пригару з боку форми та стрижнів	48
4.15	Характеристика модельного комплекту	49
4.16	Технологія виготовлення форми, стрижнів та заливання розплаву	49
5	РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ІНДУКЦІЙНОЇ ТИГЕЛЬНОЇ ПЕЧІ	52
5.1	Розраховування вузла індукційної тигельної печі	53
6	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	56
6.1	Організаційна частина.....	56
6.1.1	Розрахунок чисельності виробничих робітників плавильного відділення	56
6.1.2	Визначення фондів заробітної плати	58
6.1.3	Розрахунок продуктивності праці.....	62
6.2	Економічна частина.....	62
6.2.1	Розрахунок капітальний вкладень.....	62
6.2.2	Визначення планової собівартості одиниці продукції	65
6.2.3	Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення	70
7	ОХОРОНА ПРАЦІ	73
7.1	Загальна характеристика умов праці у плавильному відділенні	73
7.2	Відповідність вимогам об'єму і площі на одного працівника та розташування технологічного обладнання	75
7.3	Оцінка потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів.....	76
7.3.1	Теплові небезпеки плавильного відділення	76
7.3.2	Аналіз джерел ураження електричним струмом	78
7.3.3	Хімічні фактори	79
7.4	Висновок до розділу	80
	ДОДАТКИ.....	81

ВСТУП

Ливарне виробництво є одним із основних способів одержання металевих деталей для різних галузей життя (від предметів побуту, до важкої промисловості). Литі заготовки за розмірами і конфігурацією найбільш точно відтворюють готові деталі, а обсяг їх механічного оброблення менший, ніж заготовок, одержуваних іншими методами. Литтям можливо виготовити вироби з різних сплавів та будь-яких розмірів, складності і маси за порівняно короткий час з досить високими механічними й експлуатаційними властивостями.

Ливарне виробництво як галузь потребує постійного вдосконалення технологічної частини, аби залишатись на високому рівні.

Важливим є виготовлення виливків у масовому виробництві та застосування для виробництва потокових методів виготовлення виливків.

У даному дипломному проєкті розглядається цех сталевого лиття екскаваторного заводу. Вихідними даними для роботи є: номенклатура виливків; потужність – 7500 тон придатних виливків на рік; максимальна маса виливків – 100 кг; література.

За характером виробництва цех відноситься до масового, з номенклатурою виливків до 30 одиниць. Виливки виготовляються із сталі марок 30Л, 35Л та 45Л.

Даний проєкт розкриває такі актуальні питання як, проектування ливарного цеху екскаваторного заводу, розроблення технології виготовлення виливка «Кришка» із матеріалу 30Л масою 96 кг, враховуючи конструкторські вимоги до деталі та її експлуатаційні характеристики, вибір оптимального та продуктивного устаткування .

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Соловійов А.Д.			ВСТУП			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Лук'яненко І.В.								11	84
								НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71			
Н. Контр.		Лютий Р.В.									
Затверд.											

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Виробнича програма є основним документом для розрахунку та проектування будь-якого з технологічних відділень ливарного цеху.

Виробничу програму розраховують виходячи з даних номенклатури виливків цеху екскаваторного заводу. На основі кількості виливків, які необхідні на один виріб розраховують вагу ЛЖС на один виливок, вагу виливка, відсоток браку.

Заданий цех сталевого литва екскаваторного заводу потужністю у 7500 тон придатного литва на рік.

Номенклатура виробничої програми наведена у таблиці 1.1

Для виконання річної програми цеху, необхідно виготовити певну кількість виробів що розраховується за формулою:

$$K = \frac{\Pi}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1.1)$$

де Π – потужність ливарного цеху, т;

m_i – маса металу, яка необхідна для виготовлення i -го виробу, т;

$$K = \frac{7500000}{2483} = 3021 \quad (1.2)$$

Тобто, якщо цех буде виготовляти 3021 шт виробів за рік, це буде відповідати та задовільняти програму у 7500 тон придатного литва на рік.

10% від маси виробничої програми приймаємо за власні потреби цеху, а саме 750 тон.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ		
Розроб.		Соловйов А.Д.					
Перевір.		Лук'яненко І.В.					
Н. Контр.		Лютин Р.В.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						12	84
					НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків цеху екскаваторного заводу

Індекс	Код деталі	Найменування виробів та виливків	Марка сплаву	Маса виливка, кг	Кількість виливків на виріб	Маса виливків на виріб, кг	Режим ТО
1	ФЛ71.00.01	Кришка 1	30Л	3,6	4	14,4	Нормалізація + Відпуск
2	ФЛ71.00.02	Педаль	45Л	10	4	40	
3	ФЛ71.00.03	Штуцер	30Л	8	8	64	
4	ФЛ71.00.04	Кришка 2	30Л	6	2	12	
5	ФЛ71.00.05	Водило	35Л	10,5	4	42	
6	ФЛ71.00.06	Кришка 3	35Л	19,8	2	39,6	
7	ФЛ71.00.07	Корпус 1	35Л	9,3	3	27,9	
8	ФЛ71.00.08	Стакан	35Л	14,7	2	29,4	
9	ФЛ71.00.09	Поршень 1	30Л	5,2	2	10,4	
10	ФЛ71.00.10	Кришка 4	35Л	16,4	1	16,4	
11	ФЛ71.00.11	Поршень 2	35Л	7,2	3	21,6	
12	ФЛ71.00.12	Кришка 5	30Л	6	2	12	
13	ФЛ71.00.13	Важіль	35Л	24,6	2	49,2	
14	ФЛ71.00.14	Чашка 1	35Л	42,5	2	85	
15	ФЛ71.00.15	Чашка 2	30Л	47,5	2	95	
16	ФЛ71.00.16	Корпус 2	35Л	40,5	4	162	
17	ФЛ71.00.17	Колодка	35Л	20,4	8	163,2	
18	ФЛ71.00.18	Корпус 3	45Л	45,1	1	45,1	
19	ФЛ71.00.19	Корпус 4	45Л	31	8	248	
20	ФЛ71.00.20	Кулак обертовий	35Л	25,3	2	50,6	
21	ФЛ71.00.21	Корпус 5	35Л	30,6	6	183,6	
22	ФЛ71.00.22	Супорт	35л	74,2	2	148,4	
23	ФЛ71.00.23	Маточина 1	35Л	69,2	2	138,4	
24	ФЛ71.00.24	Маточина 2	30Л	52	2	104	
25	ФЛ71.00.26	Барабан	35Л	50,8	3	152,4	
26	ФЛ71.00.27	Корпус 7	30Л	80	1	80	
27	ФЛ71.00.28	Кришка	30Л	96	2	192	
28	ФЛ71.00.29	Корпус 8	35Л	68,2	1	68,2	
29	ФЛ71.00.30	Корпус 9	45Л	92	1	92	
31	ФЛ71.00.31	Корпус картера	45л	96	1	96	

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 1.2 – Точна подетальна програма виробництва виливків

Індекс	Найменування деталі	Матеріал і марка	Маса готової деталі кг	Маса виливки кг	Кількість на випіли	Річна програма випуску виливків						
						на основні вироби		на запасні частини			всього	
						шт	т	%	шт	т	шт	т
Перша масова група												
1	Кришка 1	30Л	3,1	3,6	4	10875	39,1	10	1208	4,3	12083	43,5
2	Поршень 1	30Л	4,5	5,2	2	5437	28,3	10	604	3,1	6042	31,4
3	Кришка 2	30Л	5,2	6	2	5437	32,6	10	604	3,6	6042	36,2
4	Кришка 5	30Л	5,2	6	2	5437	32,6	10	604	3,6	6042	36,2
5	Штуцер	30Л	7,0	8	8	21750	174,0	10	2417	19,3	24166	193,3
6	Поршень 2	35Л	6,3	7,2	3	8156	58,7	10	906	6,5	9062	65,2
7	Корпус 1	35Л	8,1	9,3	3	8156	75,9	10	906	8,4	9062	84,3
8	Водило	35Л	9,1	10,5	4	10875	114,2	10	1208	12,7	12083	126,9
9	Стакан	35Л	12,8	14,7	2	5437	79,9	10	604	8,9	6042	88,8
10	Кришка 4	35Л	14,3	16,4	1	2719	44,6	10	302	5,0	3021	49,5
11	Кришка 3	35Л	17,2	19,8	2	5437	107,7	10	604	12,0	6042	119,6
12	Колодка	35Л	17,7	20,4	8	21750	443,7	10	2417	49,3	24166	493,0
13	Важіль	35Л	21,4	24,6	2	5437	133,8	10	604	14,9	6042	148,6
14	Кулак обертовий	35Л	22,0	25,3	2	5437	137,6	10	604	15,3	6042	152,9
15	Педаль	45Л	8,7	10	4	10875	108,7	10	1208	12,1	12083	120,8
Всього							1611,4			179,0		1790,4
Друга масова група												
16	Чашка 2	30Л	41,3	47,5	2	5437	258,3	10	604	28,7	6042	287,0
17	Маточина 2	30Л	45,2	52	2	5437	282,7	10	604	31,4	6042	314,2
18	Корпус 7	30Л	69,6	80	1	2719	217,5	10	302	24,2	3021	241,7
19	Кришка	30Л	83,5	96	2	5437	522,0	10	604	58,0	6042	580,0
20	Корпус 5	35Л	26,6	30,6	6	16312	499,2	10	1812	55,5	18125	554,6
21	Корпус 2	35Л	35,2	40,5	4	10875	440,4	10	1208	48,9	12083	489,4
22	Чашка 1	35Л	37,0	42,5	2	5437	231,1	10	604	25,7	6042	256,8
23	Барабан	35Л	44,2	50,8	3	8156	414,3	10	906	46,0	9062	460,4
24	Корпус 8	35Л	59,3	68,2	1	2719	185,4	10	302	20,6	3021	206,0
25	Маточина 1	35Л	60,2	69,2	2	5437	376,3	10	604	41,8	6042	418,1
26	Супорт	35л	64,5	74,2	2	5437	403,5	10	604	44,8	6042	448,3
27	Корпус 4	45Л	27,0	31	8	21750	674,2	10	2417	74,9	24166	749,2
28	Корпус 3	45Л	39,2	45,1	1	2719	122,6	10	302	13,6	3021	136,2
29	Корпус 9	45Л	80,0	92	1	2719	250,1	10	302	27,8	3021	277,9
30	Корпус картера	45л	83,5	96	1	2719	261,0	10	302	29,0	3021	290,0
Всього							5138,6			571,0		5709,6
Всього на програму							6750,0			750,0		7500,0

Арк.

ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ

14

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

1.2 Структура ливарного цеху

За структурою цех складається із таких основних та допоміжних відділень і дільниць:

- 1) виробничі відділення:
 - плавильне відділення;
 - формувально-складально-заливально-вибивальне відділення;
 - стрижневе відділення;
 - сумішоприготувальне відділення;
 - відділення фінішних операцій;
 - відділення термічного оброблення;
 - модельне відділення
- 2) допоміжні відділення да дільниці:
 - ремонту та сушіння ковшів;
 - ремонтно-механічні майстерні;
 - цехові лабораторії;
 - поновлення суміші;
- 3) склади:
 - склад шихтових і формувальних матеріалів;
 - модельної оснастки;
 - готових виливків;
- 4) адміністративно-побутові приміщення.

Ливарний цех відноситься до групи основних цехів підприємства.

Саме у ливарному цеху, починається технологічний процес виробництва деталей.

У проекті передбачена спеціалізація технологічного процесу шляхом створення окремих потоків для виготовлення однорідних груп виливків за масою, складності, родом металу і габаритними розмірами.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема компоновки відділень і дільниць ливарного цеху,
що проектується, наведена на рис. 1.1

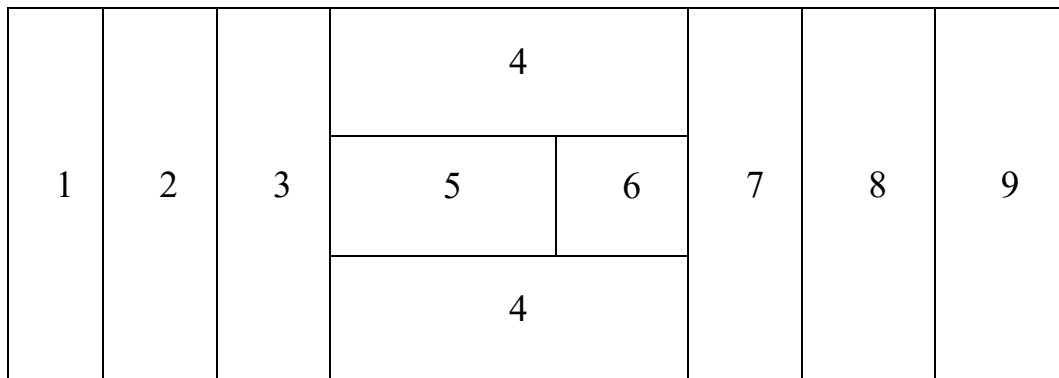


Рисунок 1.1 – Схема компонування ливарного цеху

1 – склад формувальних матеріалів; 2 – склад шихтових матеріалів;
3 – плавильне відділення; 4 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 5 – стрижневе відділення; 6 – сумішоприготувальне відділення; 7 – відділення фінішних операцій; 8 – склад готової продукції; 9 – адміністративно-побутові приміщення.

Всі вихідні матеріали пісок, глина, сталевий і чавунний брухт, феросплави тощо в ливарний цех завозитимуть залізничним транспортом.

Із плавильного відділення рідкий метал транспортують у ковшах монорейковим краном або передавальним візком у формувальне відділення, де його розливають у форми. Готові виливки після охолодження і видалення із форм транспортують пластинчастим конвеєром у відділення фінішних операцій, де здійснюють операції видалення стрижнів, відокремлення елементів ливникових систем, обрубкування, очищення, термічного оброблення виливків, повторного очищення виливків та їх фарбування, а потім на склад готової продукції.

2 РЕЖИМ РОБОТИ І ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи ливарного цеху визначається виконанням операцій технологічного процесу виготовлення виливків у часі і просторі. Від прийнятого режиму роботи залежить організація виробничого процесу.

Найкращим режимом для масового виробництва є такий режим роботи, коли всі технологічні операції виконуються одночасно на різних виробничих ділянках. Найбільш оптимальним є двозмінний паралельний режим, у якому третя зміна відводиться для профілактики і ремонту устаткування.

Фактори, які обумовлюють вибір режиму роботи цеху: маса виливка (до 100 кг), потужність цеху (7500 тон придатних виробів на рік) тощо. Отже, у даному проекті приймаємо паралельний – двозмінний режим роботи [1].

Встановлюємо фонди часу роботи устаткування та робітників.

Календарний час роботи знаходимо за формулою (2.1):

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де Φ_k – календарний час, год;

P – річна кількість днів, дні;

D – добова кількість годин, год.

Підставивши дані у формулу (2.1), розраховуємо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ		
Розроб.		Соловйов А.Д.					
Перевір.		Лук'яненко І.В.					
Н. Контр.		Лютин Р.В.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						17	84
					НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		

Номінальний фонд часу (Φ_n), визначається за формулою (2.2) шляхом віднімання від номінального фонду втрати часу на освоєння виробництва та непередбачувані втрати:

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma, \quad (2.2)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

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

Γ – кількість годин у залежності від кількості змін роботи, 1 зміна – 8 годин.

З урахуванням святкових і вихідних днів, приймаємо 250 робочих днів на рік. При двозмінному режимі роботи номінальний фонд роботи устаткування становить:

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 \cdot 2 = 4000 \text{ год.}$$

Ще враховуємо незаплановані втрати. Вони становлять від 6 до 10 % на кожне відділення. У таблиці 2.1 позначаємо в дужках.

Дійсний фонд, Φ_d , визначається шляхом віднімання від номінального фонду утрат часу на освоєння виробництва та непередбачуваних утрат.

Дійсний фонд розраховуємо за формулою:

$$\Phi_d = \Phi_n - B, \quad (2.3)$$

де Φ_d – дійсний фонд, год;

Φ_n – номінальний фонд часу, год;

B – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені втрати, год.

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

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

Усі дані щодо режиму роботи цеху і фондів часу наведені в табл. 2.1.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Режим роботи сталеливарного цеху та річний фонд часу

Індекс позиції	Найменування відділень цеху, діляниць; тип устаткування	Кількість робочих змін на добу	Дійсний річний фонд часу, год	
			устаткування	робітників
1	2	3	4	5
1	Плавильне відділення з ділянкою приготування шихти	2	3720 (7%)	1840
2	Формувально-складально-заливально- вибивальне відділення	2	3600 (10%)	1840
3	Стрижневе відділення	2	3600 (10%)	1840
4	Сумішоприготувальне відділення з бункерами	2	3640 (9%)	1840
5	Відділення фінішних операцій: – ділянка видалення стрижнів; – відокремлення ливникової системи; – очищення і зачищення виливків.	2	3680 (8%)	1840
6	Відділення термічного оброблення	3	5400 (10%)	1840
7	Допоміжні відділення	2	3600 (10%)	1840

3 РОЗРАХУНОК ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ

3.1 Вибір технологічного процесу виплавлення сплаву та типу плавильного агрегату

Вихідними даними для проектування плавильного відділення є кількість рідкого металу кожної марки ливарних сплавів, яка необхідна для забезпечення річної виробничої програми.

Тип технологічного устаткування вибираємо, виходячи з особливостей прийнятого технологічного процесу і умов забезпечення заданої якості продукції. Перевагу віддаємо устаткуванню, що забезпечує найбільш високий рівень автоматизації виконання технологічного процесу.

У цеху, що проектується, будуть виплавлятися наступні марки сталей 30Л, 35Л та 45Л.

Плавильне відділення складається з двох основних ділянок: ділянки підготовки і дозування шихти та ділянки плавлення.

Сталі будемо виплавляти в індукційних печах промислової частоти. У них метали плавляться швидко, що забезпечується рівномірним розподілом температури і повним виключенням місцевих перегрівів, що дуже добре для масового виробництва та печі вони функціонують на повну силу навіть при перервах між плавками, при цьому можна легко переходити з однієї марки сплаву на іншу, що також потрібно, бо виробнича програма містить декілька марок сталей (30Л, 35Л та 45Л).

Футерівка для вуглецевих сталей – кисла.

Хімічний склад сталей за ДСТУ 8781:2018 наведено в таблиці 3.1.

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРАХУНОК ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ		
Розробив		Соловійов А.Д.					
Перевірів		Лук'яненко І.В.					
Н. Контр.		Лютин Р.В.					
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						20	84
					НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		

Таблиця 3.1 – Хімічний склад вуглецевих сталей

Марка	C	Mn	Si	S	P
30Л	0,27...0,35	0,45...0,90	0,20...0,52	<0,06	<0,06
35Л	0,32...0,40	0,45...0,90	0,20...0,52	<0,06	<0,06
45Л	0,37...0,45	0,45...0,90	0,20...0,52	<0,06	<0,06

Для визначення необхідної кількості рідкого металу складаємо баланс металу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Баланс металу

	Марка сплаву	Придатне литво		Ливники, зливи,брак		Рідкий метал		Угар та безповоротні втрати		Метало-завалка	
		%	т\рік	%	т\рік	%	т\рік	%	т\рік	%	т\рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перша масова група											
1	30Л	65	340,74	29	152,0	94	492,8	6	31,5	100	524,2
2	35Л	65	1328,84	29	592,9	94	1921,7	6	122,7	100	2044,4
3	45Л	65	120,83	29	53,9	94	174,7	6	11,2	100	185,9
Всього		1790,42		798,8		2589,2		165,3		2754,5	
Друга масова група											
4	30Л	60	1422,79	34	806,2	94	2229,0	6	142,3	100	2371,3
5	35Л	60	2833,49	34	1605,6	94	4439,1	6	283,3	100	4722,5
.6	45Л	60	1453,30	34	823,5	94	2276,8	6	145,3	100	2422,2
Всього		5709,58		3235,4		8945,0		571,0		9516,0	
Всього		7500,00		4034,2		11534,2		736,2		12270,5	

3.2 Визначення кількості плавильних агрегатів

Використовуючи дані балансу металу, проводимо розрахунок годинної потреби рідкого металу за формулою:

$$Q = (B_p + B_{вп}) / \Phi_d, \text{ т/год} \quad (3.1)$$

де B_p – річна кількість металу по цеху, т;

$B_{вп}$ – річна кількість металу на власні потреби, т;

Φ_d – ефективний фонд часу плавильного агрегату, 3720 год.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши значення першого групового потоку у формулу (3.1), отримуємо:

$$Q_1 = (2754,5 + 275,5)/3720 = 0,82 \text{ т/год.}$$

Підставивши значення другого групового потоку у формулу (3.1), отримуємо:

$$Q_2 = (9516 + 951,6)/3720 = 2,81 \text{ т/год.}$$

Для першого потоку обираємо піч ІСТ місткістю 1 т, а для другого групового потоку обираємо піч ІСТ місткістю 2,5 тон.

Використовуємо дані балансу металів та значення розрахунків робимо розрахунок кількості плавильних агрегатів на річну програму:

$$N = \frac{B_p \cdot K_n}{\Phi_d \cdot q} \quad (3.3)$$

Де N – кількість плавильних агрегатів на річну програму, шт.;

B_p – річна кількість рідкого металу по цеху, т;

K_n – коефіцієнт нерівномірності споживання металу, вибираємо

$K_n = 1,15$;

Φ_d – дійсний фонд часу плавильного агрегату, 3720 год;

q – продуктивність плавильного агрегату, т/год.

Підставивши значення у формулу (4.3), отримаємо:

$$N_1 = ((2754,5 + 275,5) \cdot 1,15)/(3720 \cdot 1,1) = 1,17 \text{ шт.},$$

$$N_2 = ((9516 + 951,6) \cdot 1,15)/(3720 \cdot 2,5) = 2,34 \text{ шт.}$$

Отже, для перший групового потоку встановлюємо 2 печі ІСТ 1,0/0,8, а для другого групового потоку – 2 шт. ІСТ 2,5/2,4

Розрахуємо коефіцієнт завантаження:

$$K_z = \frac{N_p}{N_n} \quad (3.4)$$

де N_p – кількість розраховано устаткування, шт.

N_n – кількість прийнятого устаткування, шт

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт завантаження для плавильних агрегатів знаходимо підставивши у формулу (3.4), отримуємо:

$$K_{31} = \frac{1,17}{2} = 0,6$$

$$K_{32} = \frac{2,34}{3} = 0,78$$

Розрахунок плавильних агрегатів зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок електропечей

Дільниця, поточні лінії	Марка сплаву	Потрібна кількість рідкого металу*, т	Тип печі	Місткість печі, т	Тривалість циклу плавлення, год	Середньо- годинна продуктивність, $\frac{т}{год}$	Кількість електропечей		Коефіцієнт завантаження, K_3
							розрахована	прийнята	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30Л 35Л 45Л	3030	ІСТ	1,0	1	0,8	1,17	2	0,6
2	30Л 35Л 45Л	10467		2,5	2,38	2,4	2,34	3	0,78

* з урахуванням 10% на власні потреби

Характеристики вибраних плавильних агрегатів описано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики печей ІСТ 1,0 та ІСТ 2,5

Характеристики	ІСТ 1,0	ІСТ 2,5
Місткість тиглю, т	1	2,5
Продуктивність, т/год	1,1	2,5
Потужність печі, кВт	1100	2400
Частота струму генератора, Гц	500	500
Робоча температура металу, °С	1600	1600
Дійсна продуктивність печі, т/год	1,1	2,0
Маса металоконструкцій печі, т	10,8	15,4

3.3 Складання відомості витрат шихтових матеріалів

Необхідну кількість шихтових матеріалів розраховуємо та наводимо у таблиці 3.5 відповідно до кожної марки сплаву з повним використанням відходів та браку.

До складу шихти для виплавлення сталей входять такі компоненти: сталевий брухт, зворот власного виробництва, переробний чавун, а також обов'язкові розкислювачі – феросиліцій ФС45(вводяться в останній період плавлення в піч) та алюміній марки А88 (вводиться частково у піч, а частково у ківш у період його нагрівання перед заповненням рідкою сталлю).

Таблиця 3.5 – Річна потреба шихтових матеріалів для виплавлення вуглецевих сталей марок 30Л, 35Л, 45Л

№	Найменування матеріалів шихти	Марка сплаву						Всього	
		30Л		35Л		45Л			
		%	т	%	т	%	т	%	т
1	Зворот власного виробництва	36,5	1055,7	36,5	2503,7	36,5	922,0	36,5	4481,5
2	Сталевий брухт	58	1677,5	57	3909,9	56	1414,6	57,0	6998,5
3	Чавун переробний	4,2	121,5	5,2	356,7	6,2	156,6	5,2	638,5
5	Феросиліцій ФС45	1,1	31,8	1,1	75,5	1,1	27,8	1,1	135,1
6	Алюміній А88	0,2	5,8	0,2	13,7	0,2	5,1	0,2	25
Всього			2892,3		6859,4		2526,1		12271

3.4 Підготовка шихти і технологія плавлення сплавів, що виплавляються в цеху

3.4.1 Підготовка шихтових матеріалів

Сталевий брухт: наліт іржі не допускається. Забрудненість шкідливими домішками не має перевищувати 1% за масою. Розмір шматків брухту повинен

бути не більше 200 мм. У сталевому брухті не допускається наявність кольорових металів.

Зворот власного виробництва має бути необхідних розмірів, очищений від формувальної суміші.

Чавун переробний: наліт іржі не допускається. Забрудненість шкідливими домішками не повинна перевищувати 2%.

Феросиліцій – застосовується для введення кремнію в сталь. Маса шматків до 5 кг [7].

3.4.2 Технологія плавлення

Плавка сталі проходить наступним чином: на дно тигля кладуть половину розрахункової кількості феросиліцію. Потім завантажують зворот власного виробництва сталі. По мірі розплавлення добавляють залишок шихти.

Протягом всієї плавки поверхня металу повинна бути покрита шлаком.

Після повного розплавлення і підігрівання металу до 1560...1580 °С знімають шлак. При виплавленні сталі проводять попереднє розкислення алюмінієм у кількості 0,2 % від маси металозавалки.

Наводять новий шлак і підігрівають метал до температури 1600 °С.

Знімають шлак та присаджують феросиліцій. Наводять шлак і відливають пробу на розкисленість у підігрітий чавунний стаканчик ошлакованою ложкою. Проба при охолодженні повинна давати усадку без виділення іскри.

Випуск металу виконують у ківш, очищений від шлаку та металу, нагрітий до 700...800 °С.

Перед випуском очищають дзеркало металу від шлаку.

Заливання виконують безперервним струменем при 1600...1620 °С. Відстань між воронкою і носиком ковшу повинна бути не більше 100 мм.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Розрахунок парку ковшів

У плавильному відділенні розміщено дільницю для ремонту ковшів та стенд для їх сушіння.

Спочатку вибираємо тип та величину ковшів, а потім розраховуємо їх необхідну кількість за формулою:

$$N = (Q \cdot K_n) / (E \cdot H), \text{ од.} \quad (3.5)$$

де Q – годинна потреба рідкого металу, $Q_1 = 0,82$ т/год, $Q_2 = 2,81$ т/год;

K_n – коефіцієнт нерівномірності виплавляння та використання рідкого металу, $K_n = 1,15$;

E – вибрана місткість ковша, т;

H – кількість відбирань металу за годину (для індукційних печей 2...3).

Для вуглецевих сталей обираємо крановий стопорний ківш, місткістю 1000 кг та 2000 кг.

Кількість ковшів для першого групового потоку:

$$N_1 = (0,82 \cdot 1,15) / (1,0 \cdot 2) = 0,5 \text{ од.}$$

Кількість ковшів для першого групового потоку:

$$N_2 = (2,81 \cdot 1,15) / (2,0 \cdot 2) = 0,8 \text{ од.}$$

Обираємо по два розливальні ковші місткістю 1 тона та 2 тони – по одному працюють, один у ремонті.

3.6 Розрахунок кількості енергетичних затрат

Обсяг витрат електроенергії визначають на підставі вибору і розрахунку кількості технологічного обладнання, використання його встановленої потужності при запланованому режимі роботи:

$$E = M \Phi_0 \eta_{36} K_1 K_2, \quad (3.6)$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

η_{36} – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи (для електричних печей = 0,6);

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

Так як технологічне обладнання – це індукційні печі, то підставивши відповідні значення у формулу (3.6), отримаємо два значення для ІСТ 1,0 та ІСТ 2,5:

$$E_1 = 1100 \cdot 3720 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 860320 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

$$E_2 = 2400 \cdot 3720 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 2624832 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Витрати енергії піднімально-транспортного обладнання визначають виходячи з його потужності.

Витрати енергії для санітарно-технічних пристроїв (вентиляції, опалення) визначають у відповідності з вимогами по охороні праці та техніки безпеки.

Розрахунок витрат енергії на освітлення виконують на основі загального плану відділення. Вихідні данні для розрахунку: площа приміщення, необхідна освітлюваність і режим роботи освітлювальних пристроїв.

Витрати енергії на освітлення розраховують за формулою:

$$Q = \frac{Sq_{\text{тп}}\tau f}{1000} \quad (3.7)$$

де S – освітлювальна площа, м^2 ;

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

τ – число годин горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасного горіння.

Величину q зазвичай приймають: для виробничих приміщень – 11...15 Вт/м^2 . Приймаємо 13 Вт/м^2 .

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

Коефіцієнт, який враховує одночасність горіння ламп, приймають: для виробничих прогонів – 0,8.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків витрат електроенергії зводять в таблиці 3.6 та 3.7

Таблиця 3.6 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, кВт	Фонд робочого часу на рік, год	Коефіцієнт завантаженості	Коефіцієнт одночасності	Коефіцієнт використання потужності	Річні витрати електроенергії, кВт·год
ІСТ 1,0	2	1100	3720	0,5	0,6	0,7	860320
ІСТ 2,5	2	2400	3720	0,7	0,6	0,7	2624832
Мостовий кран	1	25	3720	0,7	0,3	0,7	6321
Усього витрат, кВт·год							3491473

Таблиця 3.7 – Витрати електроенергії на освітлення

Найменування споживача	Освітлювальна площа, м ²	Поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м ²	Кількість годин горіння на рік, год	Коефіцієнт одночасності горіння	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Плавильне відділення	42×24	14	2500	0,8	28224
Усього витрат, кВт·год					28224

4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

4.1 Загальна характеристика литої деталі

Деталь «Кришка» призначена, для закривання відкритих ділянок механізмів, копусів, ємностей і т.д.

Деталь «Кришка» повинна мати високі механічні і експлуатаційні властивості, витримувати прикладені статичні навантаження, чинити опір агресивній дії робочого середовища і водночас повинна бути виготовлена з недорогого, недефіцитного, легко оброблюваного (технологічного з механічної точки зору) матеріалу.

Конструкція литої деталі повинна забезпечувати високий рівень її службових характеристик при заданій масі та точності конфігурації, а також враховувати технологію її виготовлення, тобто зручною для виготовлення та оброблення.

Геометрично деталь являє собою тіло з габаритними розмірами 500х600х400 мм . Має наскрізні отвори діаметром 26 мм., 38 мм., та 95мм.

Для виготовлення деталі «Кришка» в якості матеріалу використано ливарну сталь марки 30Л ДСТУ 8781:2018, хімічний склад якої та механічні властивості наведено в табл. 1.1, 1.2 відповідно.

Таблиця 4.1 - Масова частка компонентів сталі марки 30Л ДСТУ 8781:2018

Позначення за ДСТУ	Масова частка елементів, %				
	вуглець	марганець	кремній	фосфор	сірка
				не більше	
30Л	0,27...0,35	0,45...0,90	0,20...0,52	0,04	0,04

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ				
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Соловійов А.Д.			ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Лук'яненко І.В.							
Н. Контр.		Лютий Р.В.							
Затв.							НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		

Таблиця 4.2 - Механічні властивості сталі марки 30Л ДСТУ 8781:2018

Марка сталі	Межа текучості, МПа	Тимчасовий опір розриванню, МПа	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість, КСУ, кДж/м ²
	Не менше				
30Л	260	480	17	30	350

За складністю конфігурації виливок відноситься до 3 групи– виливки середньої складності відповідального призначення, за масою до 1 групи – середні виливки (до 100кг), а залежно від типу ливарного виробництва – дрібносерійного.

Даний сплав, сталь 30Л (ДСТУ 8781:2018), має низький рівень ливарних властивостей: температура плавлення 1579 °С; температурний інтервал кристалізації від 1480 до 1490° С; ливарна усадка від 2,2 до 2,3 %; коефіцієнт рідкотекучості $K_{РТ}=1,0$; коефіцієнт тріщинотійкості $K_{ТС}=0,8$; коефіцієнт схильності до утворення усадкових раковин $K_{ур}=1,2$; коефіцієнт схильності до утворення усадкової пористості $K_{уп}=1,0$; не чутливий до утворення флокенів; не схильний до відпускнуї крихкості.

Маса виливка 96 кг

Даний виливок за відповідальністю відноситься до третьї категорії: виливки, які розраховані на міцність і які несуть статичні і динамічні навантаження. Такі виливки контролюють за зовнішнім виглядом, розмірами та масою (вибірково), хімічним складом і механічними властивостями (обов'язково) та піддають спеціальним видам контролю і випробуванням (вибірково) на щільність, відсутність тріщин, герметичність.

За складністю конфігурації виливок відноситься до четвертої групи – нескладні виливки відкритої форми, за масою виливок відноситься до малих виливки масою до 100 кг .

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Обрати технологічний процес виготовлення виливка

Технологічний процес повинен забезпечити виготовлення в необхідній кількості виливків з дотриманням технічних вимог, щодо геометричної, розмірної та масової точності, повинен мати високі техніко-економічні показники.

Остаточний вибір технологічного процесу, з числа рівноцінно можливих, здійснюється на основі аналізу основного показника - економічної ефективності (сумарні витрати на одиницю продукції), котрий залежить від групи складності виливка, роду сплаву, маси та габаритних розмірів, характеру виробництва. Обираємо виготовлення виливка в разових піщаних формах.

4.3 Обґрунтувати положення виливка у формі й вибір площини розніму моделі і форми

При виборі положення виливка під час заливання та площини розніму моделі (форми) керуємося наступними правилами:

- найбільш відповідальні робочі частини, плоскі поверхні великої протяжності, місця, які підлягають механічному обробленню, потрібно, по можливості, розміщувати в нижній півформі; в крайньому випадку - вертикально або похило. При вимушеному розміщенні оброблюваних поверхонь у верхній півформі необхідно забезпечити такі умови, при яких піщані і газові раковини могли б утворюватися тільки в тих частинах виливка, які видаляються при обробленні;

для попередження утворення недоливів тонкі стінки виливків необхідно розміщувати в нижній півформі, бажано вертикально або похило, при цьому шлях проходження металу від ливникової системи до тонких стінок повинен бути найкоротшим. Масивні теплові вузли виливка, кристалізація яких закінчується в останню чергу, розміщувати зверху; при такому розміщенні цих

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вузлів легше реалізувати їх направлену, послідовну кристалізацію та підживлення їх надливами;

- для виливків, котрі мають внутрішні порожнини, які утворюються за допомогою стрижнів, вибране положення повинно забезпечити можливість контролю розмірів порожнини форми при збиранні, а також надійність кріплення стрижнів;

- виливки з сплавів зі значною усадкою розміщувати в положенні, зручному для живлення їх металом верхніми зливними або бічними відвідними надливами;

- положення вилівка у формі повинно забезпечити зручність підведення металу у форму та повне її заповнення;

- число рознімів повинно бути мінімальним та по можливості горизонтальними (один рознім);

- площа розніму моделі повинна забезпечувати легке видалення моделі, без використання відокремлюваних частин.

Оскільки основна частина вилівка має геометричну форму , розмістимо його горизонтально. Перешкодою для здійснення процес упроставлення надливів є розміщення вилівка в нижній півформі (надливи будуть знаходитися в стрижні) саме тому розміщуємо його у верхній півформі.

Таке положення зручне для здійснення процесу формування, безперешкодного вилучення моделі з форми.

4.4 Проаналізувати усадку металу вилівка

Усадка вилівка (зміна об'єму та лінійних розмірів) проходить на всіх стадіях формування вилівка із рідкого металу. Вона сприяє утворенню усадкових раковин та поруватості, ливарних напружень, гарячих та холодних тріщин, впливає на вагову точність вилівка, його герметичність та щільність. Усадкові процеси, які протікають при формуванні вилівка, визначаються хімічним складом металу, температурою його перегріву над лінією ліквідусу,

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фазовими переходами в рідкому та твердому станах, наявністю домішок в металі та швидкістю відведення тепла як при кристалізації розплаву, так і при подальшому його охолодженні в формі.

За літературними даними ливарна (утруднена) усадка, сталевих сплавів марки 30Л (ДСТУ 8781:2018), становить $y=2,2...2,3 \%$ [1].

Протидію вільній усадці металу виливка, по периметру, чинить лише вертикальний стрижень. Враховуючи те, що виготовлення форм здійснюється з сирих піщано-глинястих сумішей з вмістом глинястої складової від 6 до 9 %, котрі мають високу податливість, небезпеки виникнення тріщин немає.

4.5 Розрахувати припуски на механічне оброблення поверхонь виливка

Для забезпечення необхідної шорсткості робочих поверхонь, доведення основних контрольованих розмірів до номінальних, виправлення дефектів форми та розміщення, враховуючи вимоги які ставляться до виливка та особливості способу лиття, призначити припуски на механічне оброблення відповідно до ГОСТ 26645-85 наведені в табл. 4.3

Таблиця 4.3 - Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка по ГОСТ 26645-85

Найменування деталі	Кришка
Маса деталі, кг	96
Габаритні розміри деталі, мм	500x600x400
Матеріал, термооброблення	Сталь 30Л ГОСТ 977-88, нормалізація
Спосіб лиття	Лиття в разові піщано-глинясті форми
Спосіб формоутворення, твердість форми після ущільнення	Машинне формування
Норми точності виливка за ГОСТ 26645-85	
Клас розмірної точності виливка	9т
Ступінь жолоблення виливка	9
Ступінь точності поверхонь	13
Клас точності маси виливка	9
Ряд припусків	6

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Номінальні розміри, мм		
500	600	400
Допуски розмірів виливка, мм		
2,8	2,8	2,8
Допуски форми та розміщення елементів виливка, мм		
4	4	3,2
Загальний допуск елементу виливка, мм		
3,1	3,1	3,1
Вид кінцевого механічного оброблення - чорнова		
Загальний припуск на сторону, мм		
3,1	3,1	3,1

4.6 Визначити допустимі відхилення за розмірами і масою виливка

На точність розмірів та маси виливка впливають наступні фактори: точність виготовлення модельного оснащення, а відповідно і разової піщано-глинястої форми; точність встановлення і фіксації стрижнів та точність центрування півформ під час складання; величина ливарної усадки металу виливка в різних напрямках; відхилення, які виникають на етапах фінішних операцій та термічного оброблення.

Всі вище перераховані фактори в значній мірі впливають на точність розмірів, змінюючи їх в ту чи іншу сторону, проте величина похибки не повинна виходити за межі загального поля допуску, призначеного на розміри виливка «Кришка», котрий становить від $\pm 2,2$ до $\pm 4,0$ мм за ГОСТ 26645-85.

Допустиме відхилення маси виливка становить ± 12 % по ГОСТ 26645-85

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

4.7 Розрахувати конфігурацію та розміри стрижнів, стрижневих знаків

Для формування внутрішньої порожнини виливка та обох наскрізних отворів, використовуємо один внутрішній стрижень. Встановлення й фіксація піщаного стрижня у ливарній формі здійснюється за допомогою спеціальних виступів, які називаються стрижневими знаками. Конфігурація і розміри стрижневих знаків визначаються розмірами виливка і конфігурацією отворів, які оформлюються стрижнями. Вибір стрижневих знаків здійснюється залежно від розмірів стрижня та виливка відповідно до вимог.

В нашому випадку для виконання внутрішньої порожнини та отворів застосовуємо горизонтальний стрижень.

Розміри знакових частин стрижня вибираємо залежно від довжини стрижня і розміщення його у формі відносно площини розніму.

Формувальні ухили вказані на технологічному кресленику «Кришка» та в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Формувальні ухили та технологічні зазори

Позначення стрижня	Довжина стрижневих знаків, мм	Зазор S_1 , мм	Зазор S_2 , мм	Кут α	Кут β
Ст. 1	30+35	2	2	8 °	8 °

Стрижні та їх знаки зображуємо за масштабом креслення суцільною тонкою лінією. Стрижні в розрізі штрихуємо тільки біля контурних ліній, довжина штрихових ліній 3...30 мм.

Також позначаємо стрілками напрям ущільнення стрижнів, місця виведення газів із стрижня позначаючи літерами ВГ (виведення газів) згідно з ГОСТ 3.1125-88.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8 Визначення розмірів опок

Опока - пристрій, який слугує для утримання формувальної суміші, надання їй міцності та жорсткості, виконанню підйомно-транспортних операцій. Точність геометрії і розміри виливків, які вимагаються, особливо у масовому та серійному виробництві, здатність крупних форм витримувати без руйнувань та деформацій значні напруження, які виникають при їх виготовленні, не можуть бути забезпечені без якісних, взаємозамінних, міцних за конструкцією опок.

Необхідні розміри опок визначаємо розрахунком, виходячи з розміщення виливків у формі, розміщення ливникової системи та існуючих нормативних відстаней між виливками, й виливками до стінки опоки, необхідного шару суміші над і під виливком.

Основна задача при виборі розмірів опок - мінімізувати витрати формувальної суміші.

В дані технології у формі розміщено один виливок, підведення металу здійснено по розніму (схему показано на рис. 4.1).

Розрахунок ширини опоки:

$$L=n_B \cdot A_1 + 2 \cdot a, \quad (4.1)$$

Де n_B - кількість виливків розміщених в одному напрямку, шт.;

A_1 - ширина виливка з урахуванням знакових частин стрижня та виступаючих частин ливникової системи, мм;

a - відстань від виливка до стінки опоки, мм;

$$L=2 \cdot 500 + 2 \cdot 290 = 1580 \text{ мм.}$$

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

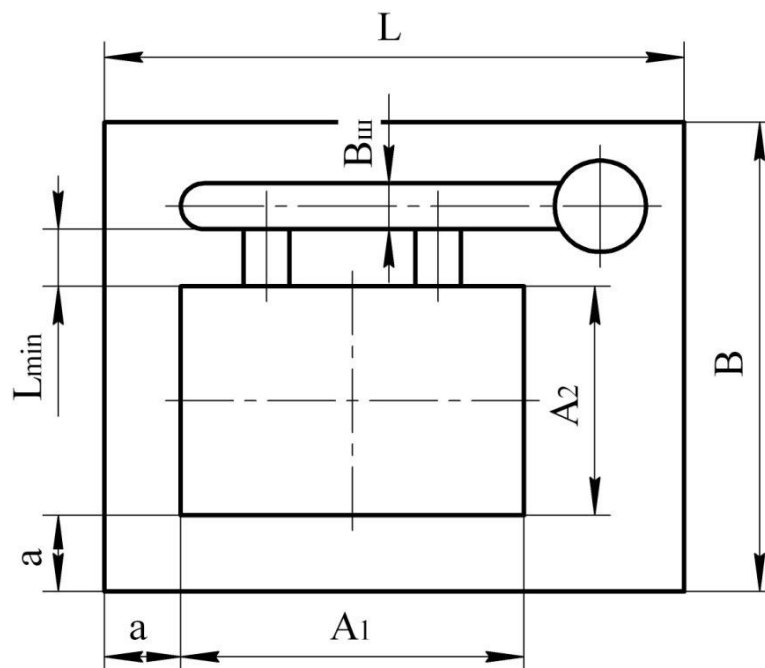


Рисунок 4.1-Розрахункова схема до визначення розмірів опок

Розрахунок довжини опоки:

$$B = n_B \cdot A_2 + L_{\text{MIN}} + B_{\text{ш}} + 2 \cdot a, \quad (4.2)$$

Де n_B - кількість виливків розміщених в одному напрямку, шт.;

A_2 - довжина виливка з урахуванням знакових частин стрижнів та виступаючих частин ливникової системи, мм;

L_{MIN} - довжина живильника, мм;

$B_{\text{ш}}$ - ширина колектора, мм;

a - відстань від виливка до стінки опоки, мм;

$$B = 2 \cdot 400 + 72 + 68 + 2 \cdot 200 = 1400 \text{ мм.}$$

Розрахунок висоти верхньої опоки (при уточненні розміру за ГОСТ-ом додатково врахувати висоту надливу):

$$H_{\text{BO}} = h^B + \delta, \text{ мм} \quad (4.3)$$

Де h^B - висота виливка у верхній півформі з урахуванням знакових частин стрижня, мм;

δ - відстань від контрладу верхньої опоки до верхньої точки виливка, мм;

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{BO}=300+100=400 \text{ мм.}$$

Розрахунок висоти нижньої опоки:

$$H_{HO}=h^H+v, \text{ мм} \quad (4.4)$$

Де h^H - висота вилівка в нижній півформі з урахуванням знакових частин стрижня, мм;

v - відстань від нижньої точки вилівка до контрладу нижньої опоки (50...75 мм);

$$H_{HO}=300+55=355 \text{ мм.}$$

Вибираємо опоки розмірами: 1600×1400×400/400 ГОСТ 15002-69.

4.9 Характеристика обраних опок

Опока включає в себе: рамку, ребра жорсткості, елементи транспортування, елементи центрування та кріплення.

За конфігурацією розрізняють квадратні, прямокутні та круглі опоки. Крім цього вони можуть бути литі, ті що збираються за допомогою зварювання (зварні), болтів, а також комбіновані.

Центрування опок проводимо за допомогою центруючих та напрямівних штирів, які розміщені так, як показано на кресленику «Форма в складеному вигляді».

Скріплення приливів опок проводимо за допомогою скоб відповідного типорозміру з розрахунку їх міцності на розрив. Транспортування опок, а також готових півформ виконуємо за допомогою кранових цапф.

4.10 Розрахунок сумарної площі елементів ливникової системи

Площа перетину живильників на один вилівок складає:

$$F_{\text{жив.1вил.}} = \frac{G_B}{\mu \cdot \tau \cdot 0,31 \cdot \sqrt{H_p}} \quad (4.5)$$

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де G_B – маса виливка: $Q_B = (1,15 \dots 1,20) \cdot G_{\text{дет}}$

$$G_B = 1,20 \cdot 96 = 115 \text{ кг}$$

G_B – маса деталі, кг.

μ – коефіцієнт втрати, який характеризує загальний гідравлічний опір форми руху металу;

τ – тривалість заливання, с;

H_p – розрахунковий металостатичний напір, см.

Коефіцієнт витрат μ для виливків, що заливаються в сиру форму має значення $0,35 \dots 0,5$, приймаємо $\mu = 0,4$.

Так як $Q_B < 450$ кг, то тривалість заливання форми розраховуємо за формулою:

$$\tau = S \cdot \sqrt{Q_B}, \quad (4.6)$$

де S – коефіцієнт який залежить від товщини стінки виливка: $S = 1,68$;

Q_B – маса виливка, кг.

$$\tau = 1,68 \cdot \sqrt{115} = 13 \text{ с.}$$

H_p – розрахунковий металостатичний напір, см.

$$H_p = H_0 - \frac{C}{2} \quad (4.7)$$

де H_0 – відстань від рівня металу в чаші до рівня введення в порожнину ливарної форми,

C – висота виливка в положенні при заливанні: $C = 60$ см.

$$H_p = 40 - \frac{6}{2} = 16 \text{ см.}$$

Отримаємо значення площі перетину живильників на один виливок:

$$F_{\text{жив.1вил.}} = \frac{115}{0,31 \cdot 13 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{16}} = 17,8 \text{ см}^2$$

За конфігурацією та масою виливка приймаємо співвідношення елементів ливникової системи:

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma F_{\text{жив.}} : \Sigma F_{\text{шл.}} : \Sigma F_{\text{ст.}} = 1 : 1,06 : 1,1$$

де $\Sigma F_{\text{жив.}}$ – сумарний перетин живильників, см^2 ;

$\Sigma F_{\text{шл.}}$ – сумарний перетин шлаковловлювача, см^2 ;

$\Sigma F_{\text{ст.}}$ – сумарний перетин стояка, см^2 .

Сумарний перетин живильників визначаємо за формулою:

$$\Sigma F_{\text{жив.}} = F_{\text{жив. 1вил.}} \cdot n_{\text{вил.}},$$

де $n_{\text{вил.}}$ – кількість виливків у формі: $n_{\text{вил.}} = 4$.

$$\Sigma F_{\text{жив.}} = 17,8 \cdot 4 = 71,2 \text{ см}^2.$$

Тоді сумарний перетин елементів складає:

$$\Sigma F_{\text{шл.}} = 1,06 \cdot 71,2 = 75 \text{ см}^2,$$

$$\Sigma F_{\text{ст.}} = 1,1 \cdot 71,2 = 78 \text{ см}^2.$$

Розрахуємо розміри поперечного перетину живильника.

Для підводу металу у порожнину форми використовуємо два живильника найбільш вживаної трапецієвидної форми, зображеної на рис. 4.2.

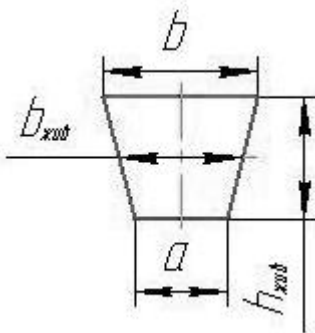


Рисунок 4.2 - вигляд живильника в перерізі

Площа поперечного перетину одного живильника становить:

$$F_{\text{жив. 1вил.}} = \frac{\Sigma F_{\text{жив. 1вил.}}}{n_{\text{жив.}}} \quad (4.8)$$

де $\Sigma F_{\text{жив. 1вил.}}$ – сумарний перетин живильників на один виливок, см^2 ;

$n_{\text{жив.}}$ – кількість живильників на один виливок.

$$F_{\text{жив. 1вил.}} = \frac{17,8}{2} = 8,9 \text{ см}^2.$$

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висоту живильника приймаємо конструктивно:

$$h_{\text{жив.}} = 3 \text{ см.}$$

Приймаємо живильник трапецієвидної форми з відповідними лінійними розмірами:

$$h_{\text{жив.}} = \sqrt{F_{\text{жив.}}} = \sqrt{8,9} = 3 \text{ см.}$$

$$F_{\text{жив.}} = \frac{a+b}{2} \cdot h_{\text{жив.}}$$

Методом математичних підстановок (± 0.2 см) від висоти живильника:

$$a = 3,4 \text{ см, } b = 2,5 \text{ см.}$$

$$F_{\text{жив.}} = \frac{3,4+2,5}{2} \cdot 3 = 8,9 \text{ см}^2$$

Так, як після стояка метал, що заливається в форму, йде в двох напрямках, то площа поперечного перетину шлаковловлювача дорівнює половині сумарної поперечної площі шлаковловлювача:

$$F_{\text{шл.}} = \Sigma F_{\text{шл.}} / 2,$$

$$F_{\text{шл.}} = 75 / 2 = 37,5 \text{ см}^2.$$

Приймаємо шлаковловлювач трапецієвидної форми з відповідними лінійними розмірами, як показано на рисунку 4.3

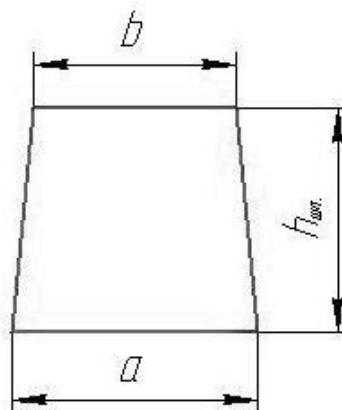


Рисунок 4.3 - вигляд шлаковловлювача в перерізі

$$h_{\text{шл.}} = \sqrt{F_{\text{шл.}}} = \sqrt{37,5} = 6,1 \text{ см.}$$

$$F_{\text{шл.}} = \frac{a+b}{2} \cdot h_{\text{шл.}}$$

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методом математичних підстановок (± 0.5 см) від висоти шлаковловлювача:

$$a = 5,2 \text{ см}, \quad b = 7,2 \text{ см}.$$

$$F_{\text{жив.}} = \frac{5,2+7,2}{2} \cdot 6,1 = 37,5 \text{ см}^2$$

Визначення розмірів стояка полягає у розрахунку розміру його найтоншої частини.

$$F_{\text{ст.}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (4.9)$$

$$d_{\text{ст.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ст.}}}{\pi}} \quad (4.10)$$

$$d_{\text{ст.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 78}{3,14}} = 9,8 \text{ см}.$$

4.11 Розрахувати піднімальну силу сплаву

Загальну піднімальну силу металу, яка діє на верхню півформу, розраховуємо за наступною формулою:

$$P_{\Sigma} = k \cdot P_{\text{ВПФ}} + P_{\text{СТ}} + P_{\text{ЛС}} - (G_{\text{ВПФ}} + G_{\text{СТ}}), \quad (4.11)$$

де k - коефіцієнт, який враховує гідравлічний удар у момент закінчення заливання:

$$k = 1,4;$$

$P_{\text{ВПФ}}$ - сила тиску рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливар-ної форми, Н;

$G_{\text{ВПФ}}$ - вага верхньої півформи, Н;

$P_{\text{СТ}}$ - Архімедова сила, яка діє на i -й стрижень, Н; $G_{\text{СТ}}$ - вага i -го стрижня, Н;

$P_{\text{ЛС}}$ - сила тиску на верхню півформу в ливниковій системі, Н.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складові формули розраховуємо за наступною методикою:

$$P_{\text{ВПФ}} = V_{\text{ТТ}} \cdot n_{\text{В}} \cdot \rho_{\text{М}} \cdot g, \quad (4.12)$$

де $V_{\text{ТТ}}$ - об'єм тіла тиску, м^3 ;

$\rho_{\text{М}}$ - щільність рідкого металу,

$\text{кг}/\text{м}^3$; $n_{\text{В}}$ - кількість виливків у формі;

$g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ - прискорення земного тяжіння;

$$V_{\text{ТТ}} = V_1 - V_2, \quad (4.13)$$

де V_1 - об'єм частини верхньої півформи, обмежений горизонтальною площиною котра проходить через контрлад верхньої опоки та горизонтальною площиною яка проходить через лад опоки (контури площин відповідають контурам горизонтальної проекції бічної поверхні виливка), розрахунок чисельних значень здійснено за допомогою сервісної служби графічної CAD-системи;

V_2 - об'єм частини верхньої півформи обмежений зовнішньою поверхнею виливка (розміщений у верхній півформі) та горизонтальною площиною яка проходить через лад опоки (контури площини відповідають контурам горизонтальної проекції бічної поверхні виливка), розрахунок чисельних значень здійснено за допомогою сервісної служби графічної CAD-системи;

$$P_{\text{ВПФ}} = 0,032 \cdot 4 \cdot 6900 \cdot 9,81 \cdot 0,16 = 1277 \text{ Н.}$$

Розраховуємо вагу верхньої півформи:

$$G_{\text{ВПФ}} = (M_{\text{ОП}} + M_{\text{СУМ}}) \cdot g, \quad (4.14)$$

де $M_{\text{ОП}}$ - маса верхньої опоки, кг ;

$M_{\text{СУМ}}$ - маса суміші у верхній півформі:

$$M_{\text{СУМ}} = (S_{\text{ОП}} \cdot h_{\text{ОП}} - V_{\text{В}} \cdot n_{\text{В}}) \cdot \rho_{\text{СУМ}}, \quad (4.15)$$

де $S_{\text{ОП}}$ - площа верхньої опоки, м^2 ;

$V_{\text{В}}$ - частина об'єму виливка, що знаходиться у верхній півформі, м^3 ; $n_{\text{В}}$

- кількість виливків у формі;

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\rho_{\text{сум}}$ - щільність формувальної суміші, кг/м³.

$$M_{\text{сум}} = (0,48 \cdot 0,3 - 0,017 \cdot 1) \cdot 1600 = 203 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{ВПФ}} = (12,9 + 203) \cdot 9,81 = 2117 \text{ Н.}$$

Розраховуємо піднімальну силу, що діє на стрижні:

$$P_{\text{ст}} = n(V_{\text{ст}}^A \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g - V_{\text{ст}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot g) \quad (4.16)$$

де n - кількість однакових стрижнів, шт.;

$V_{\text{ст}}^A$ - об'єм стрижня який знаходиться під дією піднімальної сили, м³;

$\rho_{\text{м}}$ - щільність рідкого металу, кг/м³; $V_{\text{ст}}$ - загальний об'єм стрижня, м³;

$\rho_{\text{сум}}$ - щільність стрижневої суміші, кг/м³; $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ - прискорення земного тяжіння;

$$P_{\text{ст}} = 4 \cdot (0,00019 \cdot 7200 \cdot 9,81 - 0,0063 \cdot 1700 \cdot 9,81) = -92 \text{ Н.}$$

Розраховуємо піднімальну силу яка діє в ливниковій системі:

$$P_{\text{лс}} = S_{\text{лс}} \cdot H_0 \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g, \quad (4.17)$$

Де $S_{\text{лс}}$ - площа горизонтальної проекції ливникової системи, м²; H_0 - металостатичний напір, м;

$$P_{\text{лс}} = 0,012 \cdot 0,3 \cdot 7200 \cdot 9,81 = 254 \text{ Н.}$$

Загальна піднімальна сила становить:

$$P_{\Sigma} = 1,4 \cdot 918 - 92 + 254 + 2117 - 105 = 3500 \text{ Н.}$$

Оскільки $P_{\Sigma} = 3500$, то додаткове навантаження на верхню опоку повинно складати не менше 350 кг.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.12 Формувальні та стрижневі суміші

Формування виливка відбувається при кристалізації розплавленого металу в ливарній формі. При цьому розплав взаємодіє з поверхнею форми й у ній відбуваються складні механічні і фізико-хімічні процеси, які впливають на якість виливка. Так, форма повинна опиратися тиску розплаву, не змінюючи своїх розмірів, витримувати високі температури, не розплавлятися і не вступати в хімічну взаємодію з металом і газами, мати пористість, що забезпечує вихід газів з порожнини форми і запобігати утворенню газових раковин, відбирати тепло з розплаву і регулювати швидкість охолодження виливка.

У практиці ливарних цехів застосовують велику кількість різноманітних за складом формувальних і стрижневих сумішей. Вибір складу визначається призначенням суміші, а також способом формування, серійністю і видом сплаву. Враховуючі вимоги, які ставляться до виливка застосовуємо сиру піщано-глинясту суміш.

Дана формувальна суміш, використовується в сучасних технологічних процесах. Вона володіє комплексом наступних властивостей: міцністю, газопроникністю, вогнетривкістю, довговічністю і т. д., забезпечує високу якість виливків та задану продуктивність лінії. (табл 4.5) Особливістю даної суміші являється мінімальний вміст (до 3 %) високоякісних бентонітів. Такі суміші при мінімальному вмісті води (від 3,0 до 3,8 %) мають наступні переваги:

- підвищену чистоту поверхні виливків;
- знижений вміст бентоніту, в 2...2,5 рази у порівнянні з вмістом каолінової глини, що призводить до збільшення газопроникності, вогнетривкості, зменшення можливості утворення пригару;
- полегшену вибиваємість виливків з форм;
- підвищену текучість та піддатливість.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення стрижнів використовуємо пластичну самотверднучу суміш на основі синтетичної смоли КФ-90, склад якої наведено в табл. 4.6

Таблиця 4.5 - Склад та властивості формувальної суміші

Інд поз	Найменування параметра	Значення
1	Призначення суміші	Сталеві виливки
2	компоненту, % (за масою): - оборотна суміш - кварцовий пісок - бентоніт - крохмаліт - ПАР	94,5...95,5 3...5 0,3...0,4 0...0,02 0,03...0,05
3	Вологість, %	3,3...3,7
4	Міцність на стиск, кПа	70...90
5	Газопроникність, од.	50-80%
6	Формувальність, %	75...80
7	Ущільнюваність, %	40...45
8	Текучість, %	70...75
9	Пиловидний кварц (>94,5 % SiO ₂), %	2...5

Таблиця 4.6 - Склад та властивості стрижневої суміші

Інд поз	Найменування параметра	Значення
1	Формувальний пісок марки 3К ₃ О ₂ 016, % мас.	100
2	Вміст синтетичної смоли КФ-90 % мас.	1,5...1,8
3	Вміст каталізатора БСК, % мас.	1,0...1,2
4	Газопроникність, ум. од.	200...250
5	Живучість, хв.	8...12
6	Час витримки стрижня в ящику, хв.	15...20
7	Міцність після витримки (24 год.), 10 ⁵ Па	30...40

4.13 Технологія приготування формувальної та стрижневої суміші

Приготування формувальної суміші здійснюється в змішувачах з вертикально обертовими котками моделі 1108 в наступній послідовності: з витратних бункерів у змішувач подаються порції сипких матеріалів в кількості, яка визначена; після чого відкривається кран подачі води і відміряється необхідна її порція; процес перемішування матеріалів триває від 4 до 8 хв.; після чого відбирається порція формувальної суміші для проведення швидкого експрес-аналізу; в разі отримання задовільних результатів аналізу, дається команда на розвантаження готової формувальної суміші, яка за допомогою стрічкових конвеєрів транспортується до витратних бункерів встановлених над формувальними блоками, якщо ж результати експрес-аналізу незадовільні, здійснюються додаткові операції, які полягають в додаванні необхідної порції матеріалу, що відповідає за значення параметра, який не потрапив в межі норм; після чого технологічний цикл повторюється.

Приготування стрижневої холоднотверднучої суміші (ХТС) здійснюється в одноплечових шнекових змішувачах моделі 19611 в наступній послідовності: дозування необхідної кількості вогнетривкого наповнювача та каталізатора твердіння; перемішування вогнетривкого наповнювача та каталізатора твердіння від декількох секунд до 2 хв. (дане рішення забезпечує зменшення витрати смоли та краще плакування вогнетривкого наповнювача каталізатором); додавання зв'язувального матеріалу в кількості, яка визначена; перемішування матеріалів протягом від 2 до 3 хв.; розвантаження приготованої суміші у витратний бункер стрижневої машини. Порухення даної технології приготування ХТС призводить до різкого зменшення її живучості.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.14 Методи попередження утворення пригару з боку форми та стрижнів

Пригаром називають дефект у вигляді важко відокремлюваного слою на поверхні виливка, утвореного внаслідок фізико-хімічної взаємодії форми або стрижня з розплавом та його оксидами. Уникнути або значно зменшити утворення пригару можна шляхом створення відновлювальної атмосфери в порожнині ливарної форми і на межі «метал-форма» при заповненні її розплавом до моменту утворення на поверхні виливка твердої кірочки затверділого сплаву.

Враховуючи те, що виливок сталевий, для зменшення пригару з боку форми в суміш вводимо 2...5 % пиловидного кварцу (>94,5 % SiO_2). Пиловидний кварц зменшує пористість. Для попередження утворення пригару з боку стрижня використовуємо самовисихаючу фарбу наступного складу табл. 4.7.

Даний тип фарб має органічні розчинники, що швидко випаровуються для возгонки яких нема необхідності використовувати сушіння.

Таблиця 4.7 - Склад самовисихаючої протипригарної фарби

Інд поз	Найменування параметра	Значення
1	Призначення фарби	Сталеве литво
2	Вміст наповнювача (циркон), % мас	60
3	Вміст зв'язуючого (полівінілбутираль), % мас	2,5
4	Вміст розчинника (етиловий спирт), % мас	37,5
5	Щільність, 10^3 кг/м^3	1,75...1,85

4.15 Характеристика модельного комплекту

Враховуючи запланований об'єм виробництва та те, що виливок відноситься до відповідального литва, до якого ставляться високі вимоги щодо геометричної та розмірної точності, виготовлення елементів модельного комплекту здійснюємо з дерева класом 3 точності ГОСТ 3212-92.

Дане рішення забезпечує низькі економічні показники.

До складу модельного комплекту входить:

- модель виливка (складається з двох окремих частин) - 2 шт.;
- модель ливникової системи - 1 шт.;
- стрижневий ящик №1 1 шт.;

Формувальні ухили на горизонтальних поверхнях моделі і стрижневих ящиків призначаємо у відповідності з табл. 2 ГОСТ 3212-92. Усі переходи між поверхнями, які перетинаються, виконуємо плавними, з радіусом галтелей від 5 до 8 мм, галтелі стрижневих ящиків від 4 до 5 мм.

Стрижневі знаки моделі виконуємо у відповідності з розмірами, вказаними в табл. 1.4 з дотриманням вимог ГОСТ 3212-92.

Готову модель фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92.

Кріплення моделі на модельній плиті здійснюємо 8-ма болтами М8, центрування моделі на модельній плиті здійснюємо за допомогою 3-х штифтів.

4.16 Технологія виготовлення форми, стрижнів та заливання розплаву

У даному випадку наш виливок відноситься до дрібного литва. Форма виготовляється вручну з застосуванням формувальних сумішей по-сирому.

При даному способі формування ущільнення суміші відбувається за рахунок ручного ущільнення, тому підмодельна плита не потребує додаткових вентиляційних отворів

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей вид формування є екологічно чистим, та не має додаткових затрат.

Отже порядок операцій формування буде наступним:

- на підмодельну плиту встановлюємо та закріплюємо модельну плиту з моделями;
- встановлюємо опоку, centruємо та фіксуємо відносно модельної плити;
- проводимо покриття поверхні моделі та площини рознімання розділовим покриттям;
- затискаємо опоку з модельною плитою
- заповнюємо опоку формувальною сумішшю;
- відбувається ущільнення суміші;
- виконуємо вентиляційні канали за допомогою вентиляційної голки.
- кантуємо нижню півформу
- надлишок суміші зрізуємо;
- встановлюємо верхню пів форму а також другу частину моделі , та наносимо розділове покриття.
- Встановлюємо елементи ливникової системи
- заповнюємо опоку формувальною сумішшю;
- відбувається ущільнення суміші;
- виконуємо вентиляційні канали за допомогою вентиляційної голки.
- знімаємо верхню опоку та видаляємо модель вилівка та ливникової системи
- встановлюємо стрижень
- складаємо форму під заливання.

Стрижні виготовляємо вручну, за допомогою дерев'яного стрижневого ящика.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Алгоритм виготовлення наступний:

- очищення поверхні стрижневого ящика від залишків суміші попередньо- го заформування;
- нанесення на поверхню стрижня розділового покриття;
- збирання стрижневого ящика з встановленням гнutoго дротяного каркасу;
- заповнення стрижневого ящика;
- витримування стрижня в ящику (10...15 хв.);
- вилучення стрижня з ящика та встановлення його на стрижневу плиту;
- фарбування стрижня
- Після чого цикл повторюється.

Для заливання форм використовуємо механізований стопорний ківш металомісткістю 1000 кг. Температура заливання для сталі 30Л 1570...1600 °С.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ІНДУКЦІЙНОЇ ТИГЕЛЬНОЇ ПЕЧІ

Індукційні тигельні печі, для плавлення сталі мають закриту конструкцію, тобто магнітний потік у них ззовні індуктора передається радіально розміщеними пакетами трансформаторної сталі (магнетопроводами). Така конструкція надає печі жорсткості і компактності, підвищує коефіцієнт корисної дії і продуктивність печі.

Печі для плавлення сталі працюють на струмі промислової (50 Гц) або підвищеної частоти. Для підвищення питомої потужності та прискорення процесу плавлення печі забезпечують генераторами, які збільшують частоту струму до 500 Гц, при цьому питома потужність змінюється від 320 до 800 кВт/т.

Загальна схема індукційної тигельної печі показана на Рис. 5.1.

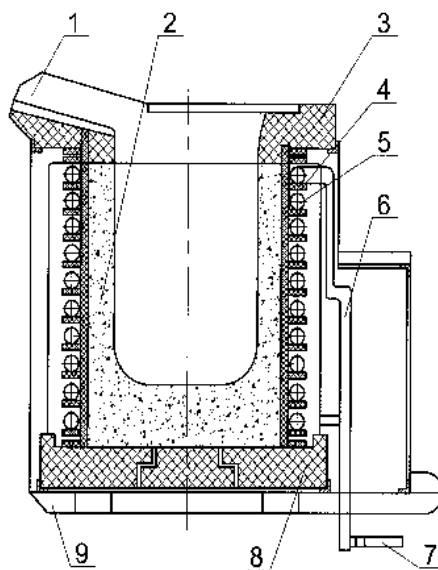


Рисунок 5.1 – Схема індукційної печі

1 – зливний носик; 2 – тигель; 3 – верхня фасонна кераміка; 4 – ізоляційні прокладки; 5 – індуктор; 6, 7 – з'єднувальні шини; 8 – нижня фасонна кераміка; 9 – металевий каркас

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ІНДУКЦІЙНОЇ ТИГЕЛЬНОЇ ПЕЧІ		
Розробив		Соловійов А.Д.					
Перевірів		Лук'яненко І.В.					
Н. Контр.		Лютій Р.В.					
Затв.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						52	84
					НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		

Основною перевагою індукційного плавлення у тигельних печах промислової частоти є стабільність хімічного складу металу через інтенсивне його перемішування. Другою перевагою є використання дешевої шихти на основі сталевих скрапу, легированих відходів, чавунної та сталевих стружок розсипом.

Оскільки індукційні тигельні печі є агрегатами періодичної дії, то для безперервного забезпечення металом дільниць заливання форм установлюють декілька печей. Стійкість футеровки в печах промислової частоти залежить від режиму експлуатації печі.

5.1 Розраховування вузла індукційної тигельної печі

Розраховуємо об'єм тигля за наступною формулою:

$$V = G/\gamma, \quad (5.1)$$

де V – об'єм тигля, м^3 ;

G – місткість печі, кг ;

γ – питома вага розплавленого металу. Для сталі $\gamma = 7200 \text{ кг/м}^3$.

Підставивши значення в формулу (5.1), отримуємо:

$$V = 2500 / 7200 = 0,347 \text{ м}^3;$$

Середній внутрішній діаметр тигля знаходимо за формулою:

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot A \cdot V}{\pi}}, \quad (5.2)$$

де D_2 – середній внутрішній діаметр тигля, м ;

$$A = D_2/h = 0,68;$$

V – об'єм тигля, м^3 .

Підставивши значення в формулу (5.2), отримуємо:

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,68 \cdot 0,347}{3,14}} = 0,67 \text{ м}.$$

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо висоту завантаження за формулою:

$$H_T = D_2 / A, \quad (5.3)$$

де H_T – висота завантаження тигля, м ;

D_2 – середній внутрішній діаметр тигля, м.

Підставивши значення в формулу (5.3), отримуємо:

$$H_T = 0,67 / 0,68 = 0,98 \text{ м.}$$

Приймаємо $H_T = 0,98 \text{ м.}$

Розраховуємо висоту індуктора. Висота індуктора складає:

$$H_i = H_T \cdot B, \quad (5.4)$$

де H_T – висота завантаження тигля, м;

H_i – висота індуктора, м;

B – відстань між витками $B = 1,2$.

Підставивши значення в формулу (5.4), отримуємо:

$$H_i = 0,67 \cdot 1,2 = 0,8 \text{ м.}$$

Товщина футерівки в середньому перерізі тигля знаходиться по формулі:

$$\Delta\Phi = D_2 \cdot C, \quad (5.5)$$

де $\Delta\Phi$ – товщина футерівки в середньому перерізі тигля, м;

$C = 0,15$.

Підставивши значення в формулу (5.5), отримуємо:

$$\Delta\Phi = 0,9 \cdot 0,17 = 0,11 \text{ м.}$$

Розраховуємо внутрішній діаметр тигля за формулою:

$$D_1 = D_2 + 2\Delta\Phi + 2\Delta, \quad (5.6)$$

де D_1 – внутрішній діаметр тигля, м;

D_2 – середній внутрішній діаметр тигля, м;

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta\Phi$ – товщина футерівки в середньому перерізі тигля, м;

Δ – коефіцієнт, $\Delta = 0,008$ мм.

Підставивши значення в формулу (5.6), отримуємо:

$$D_1 = 0,67 + 2 \cdot 0,11 + 2 \cdot 0,008 = 0,9 \text{ м};$$

Таблиця – 5.1 – Основні параметри печі

Параметр	Значення
Об'єм тигля, м ³ ;	0,347
Висота індуктора, м	0,8
Товщина футерівки, м	0,11
Внутрішній діаметр тигля, м	0,9

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

6.1 Організаційна частина

Частину питань щодо організації роботи в проектованому відділенні вирішують на основі даних попередніх розділів проекту. Наведемо обґрунтування необхідної чисельності робітників основного виробництва, обслуговуючих працівників та управлінського персоналу, а також розмір фондів їхньої заробітної плати, визначимо показники продуктивності праці.

6.1.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників плавильного відділення

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

Загальну чисельність промислово-виробничого персоналу на плановий період встановлюємо як на аналогічному підприємстві.

Складемо баланс робочого часу середньооблікового працівника (табл. 6.1)

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ						
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ				Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Соловійов А.Д.									
Перевірів		Лук'яненко І.В.								56	84
									НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		
Н. Контр.		Лютий Р.В.									
Затв.											

Таблиця 6.1 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
1	2
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	114
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	10
Номінальний фонд робочого часу, днів	241
Невиходи на роботу, днів. З них:	27
відпустки	20
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	1
прогули	1
цілодобові простої	0
страйки	0
Явочний робочий час, днів	214
Середня тривалість робочого дня, год	7,9
Внутрішньозмінні втрати робочого часу та простої, год	0,3
Робочі години	7,6
Ефективний фонд робочого часу за рік, год	1626

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову розраховується за формулою:

$$K_{\pi} = \frac{100}{(100-k)}, \quad (6.1)$$

де k – плановий відсоток невиходів на роботу (за даними таблиці 6.1

$$k = \frac{27}{241} \cdot 100 = 11,2).$$

Підставивши розраховане значення у формулу (6.1), отримаємо:

$$K_{\pi} = \frac{100}{(100-11,2)} = 1,126.$$

Чисельність допоміжних працівників також визначаємо за відомими аналогами.

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

Результати чисельності основних і допоміжних робітників (за робочими

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

місцями) наведено в табл. 6.2.

Чисельність управлінського персоналу встановлюємо, виходячи з організаційної структури управління відділенням на аналогічному підприємстві.

Таблиця 6.2 – Чисельність основних і допоміжних робітників відділення

Професія, спеціальність	Кваліфікацій- ний розряд	Явочна чисельність по змінах		Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а			
Основні робітники						
Плавильник	5	4	4	8	1,126	9
Заливальник	4	2	2	4	1,126	5
Разом		7	7	12		14
Допоміжні працівники						
Наладчик	6	1	1	2	1,126	3
Черговий слюсар-електрик	5	2	1	3	1,126	4
Слюсар по ремонту плав. устаткування	5	1	1	2	1,126	3
Крановик	4	1	1	2	1,126	3
Вантажник	2	2	2	4	1,126	5
Разом		7	6	13		18
Усього робітників		14	13	25		32

6.1.2 Визначення фондів заробітної плати

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

Установлені в Україні параметри тарифної сітки наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Типова тарифна сітка робітників різногалузових підприємств та організацій

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

Важливим елементом тарифної системи є тарифна ставка. Її абсолютну величину визначають згідно зі встановленим державою мінімальним розміром заробітної плати. Згідно державного бюджету України на 2021 рік мінімальна заробітна плата становить: у місячному розмірі – 6000 грн, у погодинному розмірі – 36,11 грн.

Так, якщо на підприємстві тарифну ставку для першого розряду встановлено на рівні 3611 грн, то ставка другого розряду становитиме $36,11 \times 1,088 = 39,3$ грн, третього розряду $36,11 \times 1,204 = 43,5$ грн і т. д.

Розрахунок фондів зарплати управлінського та обслуговуючого персоналу наведено у табл. 6.4, а основних і допоміжних робітників у табл. 6.5.

Таблиця 6.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн	Річний фонд заробітної плати, грн
Управлінський персонал			
Начальник дільниці	1	18000	216000
Майстер	1	15000	180000
Разом			396000
Спеціалісти			
Провідний інженер-технолог	1	17000	204000
Службовці та молодший обслуговуючий персонал (МОП)			
Прибиральниця	1	6500	78000
Усього по плавильному відділенню			678000

Таблиця 6.5 – Розрахунок фонду заробітної плати основних і допоміжних робітників

Професія, спеціальн ість	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи за рік		Основна заробітна плата, тис. грн. (3×6)	Розрахунок додаткової заробітної плати, тис. грн					Загальний фонд заробітної плати, тис. грн. (7+12)
				Одного робітника	Усіх		Надбавки та доплати					
							Премії (40% від основної заробіт-ної плати)	За роботу в особливих умовах (18%)	Оплата відпусток (12%)	Інші доплати та надбавки (12%)	Разом (8+9+10+11)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Основні (технологічні) робітники												
Плавильн ик	5	55,28	9	1626	14634	809,0	323,6	145,6	97,1	97,1	663,4	1472,3
Заливальн ик	4	48,75	5	1626	8130	396,3	158,5	71,3	47,6	47,6	325,0	721,3
Разом						1205,3						2193,7
Допоміжні (обслуговуючі) робітники												
Наладчик	6	65	3	1626	4878	317,1	126,8	57,1	38,0	38,0	260,0	577,1
Черговий слюсар- електрик	5	55,28	4	1626	6504	359,5	143,8	64,7	43,1	43,1	294,8	654,4
Слюсар по ремонт у плав. устаткова ння	5	55,28	3	1626	4878	269,7	107,9	48,5	32,4	32,4	221,1	490,8
Крановик	4	48,75	3	1626	4878	237,8	95,1	42,8	28,5	28,5	195,0	432,8
Вантажни к	2	39,28	5	1626	8130	319,3	127,7	57,5	38,3	38,3	261,9	581,2
Разом						1503,4						2736,2
Усього по плавильному відділенню						2708,7						4929,9

6.1.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці, яка відображає ефективність роботи трудового колективу, розраховуємо як відношення річного обсягу виробництва до облікового складу всіх працівників відділення (робітників, управлінського персоналу та обслуговуючого персоналу).

Таким чином, продуктивність праці Π – це річний обсяг продукції, виготовленої з розрахунку на одного працівника відділення:

$$\Pi = \frac{G}{\sum \text{Ч}}, \quad (6.2)$$

де G – обсяг продукції, виготовленої дільницею за рік, т;

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

$$\Pi = \frac{28571,2}{36} = 793,6 \text{ т/рік}$$

Отже, продуктивність праці відділення дорівнює 793,6 тон виплавленого рідкого металу на рік на одного працівника відділення.

6.2 Економічна частина

6.2.1 Розрахунок капітальний вкладень

Капітальні вкладення у проєктований об'єкт складаються із капіталовкладень у основні засоби (виробничі будівлі та споруди, технологічне і допоміжне обладнання, підйомно-транспортувальні засоби, оснащення тощо), а також оборотних нормованих засобів (витрати на створення оборотних запасів матеріалів і сировини, змінного обладнання, запчастин, інструменту, незавершеного виробництва та ін.).

Розрахунок капіталовкладень в обладнання та підйомно-транспортувальні засоби наведено у табл. 6.6. Для розрахунку вартість транспортування обладнання, його монтажу і налагодження беремо у розмірі

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10...25 % від його ціни, а саме 20 %.

Таблиця 6.6 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Усього, тис. грн
1	2	3	4	5	6
Основне технологічне устаткування					
ІСТ 2,5/1,75	2	2 800	5 600	1 120	6 720
ІСТ 6/3	3	3 320	9 960	1 992	11 952
Разом основне технологічне устаткування					18 672
1	2	3	4	5	6
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
Мостовий кран	1	450	450	90	540
Загалом по плавильному відділенню					19 212

Обсяг капіталовкладень у виробничі будівлі та споруди визначають. Виходячи з площі цеху й усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій і промислових проводок (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 – Усереднені ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт та витрати на відділення

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м³	На відділення, тис. грн
1. Виробничі будівлі		
1.1. Одноповерхові (24×42)	3000	3 024,00
2. Водопостачання виробничих приміщень	30	30,24
3. Каналізація виробничих приміщень	30	30,24
4. Електропроводка виробничих приміщень	50	50,40
5. Вентиляція виробничих приміщень	80	80,64
6. Зовнішній благоустрій	50	50,40
7. Невраховані витрати	500	504,00
Всього		3 769,92

Безперервну виробничу діяльність відділення забезпечують оборотні засоби, мінімальна необхідна величина яких має назву нормативу оборотних засобів.

Найбільшим за розміром елементом (до 70 %) нормативу оборотних засобів є поточний запас матеріалів, який створюється для забезпечення

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесу виробництва матеріальними ресурсами в період між двома черговими поставками. Середній поточний запас (Z_m) визначається за формулою:

$$Z_m = M_d \cdot \frac{T_{\text{пост}}}{2}, \quad (6.3)$$

де M_d – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн;

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

Таблиця 6.8 – Витрати річні на шихтові матеріали

№	Найменування матеріалів шихти	Усього, т	Ціна за 1 т, грн	Ціна матеріалів на річну програму, млн. грн
1	Сталевий брукт	17277,6	6 300	108,85
2	Чавун переробний	1628,1	9 500	15,47
3	Феросиліцій ФС45	334,3	25 000	8,36
4	Алюміній А88	60,8	32 000	1,95
Всього				134,63

Середньодобове споживання матеріалів визначається як вартість річної потреби в основних та допоміжних матеріалах розділених на 360 (де 360 – розрахункове число днів за рік):

$$M_d = \frac{134,63}{360} = 0,374 \text{ млн грн на добу,}$$

Середній поточний запас визначається за формулою (6.3):

$$Z_m = 0,374 \cdot \frac{20}{2} = 3,74 \text{ млн грн,}$$

Величину всіх інших елементів загального нормативу оборотних засобів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі та ін.) можна приймати на рівні 50 % від розрахованого нормативу поточних запасів.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$N_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_{\text{м}} = 1,5 \cdot 3,74 = 5,61 \text{ млн грн.}$$

Після цього розраховуємо загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 6.9).

Таблиця 6.9 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
1. Будівлі:		
1.1. Виробничі	3 769,92	12,9
2. Устаткування		
2.1. Основне технологічне	18 672,00	64,1
2.2. Допоміжне та підйомно-транспортне	540,00	3,7
3. Норматив оборотних засобів	5 610,00	19,3
Всього капіталовкладень у виробничі засоби	28 591,92	100

6.2.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Для визначення планової собівартості продукції на підприємствах, як правило, складають планові та фактичні калькуляції. Перші розраховують за плановими нормами витрат, другі – за їх фактичним рівнем. Складання калькуляцій передбачає визначення об'єкта калькулювання, вибір калькуляційних одиниць, калькуляційних статей витрат та методики обчислення.

Об'єктом калькулювання є та продукція чи робота (послуга), собівартість якої розраховують. Головним об'єктом калькулювання є готова продукція, яку поставляють на ринок.

Проводячи розрахунки витрати групуємо за калькуляційними статтями, номенклатура яких залежить від особливостей виробництва. Установлюючи статті витрат, дотримуємось таких вимог:

– максимальну частку витрат, яку включають у собівартість,

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

буловраховувати під час визначення вартості окремих виробів.

Типова номенклатура калькуляційних статей витрат для більшості підприємств різних галузей виглядає так:

- 1) сировина та матеріали (за вирахуванням зворотних відходів);
- 2) паливо та енергія на технологічні цілі;
- 3) основна заробітна плата технологічних робітників;
- 4) додаткова заробітна плата технологічних робітників;
- 5) єдиний соціальний внесок;
- 6) витрати на утримання та експлуатацію устаткування;
- 7) загальновиробничі витрати;
- 8) загальногосподарські витрати;
- 9) витрати на підготовку та освоєння виробництва;
- 10) позавиробничі витрати (на збут продукції, на маркетинг).

Сума перших семи статей становить цехову собівартість, дев'яти – виробничу собівартість, а усіх десяти статей – повну собівартість.

Під час калькулювання прямі витрати обчислюються безпосередньо на калькуляційну одиницю згідно з чинними нормами й цінами.

Стаття **«Сировина та матеріали»** містить витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, закуплені вироби і напівфабрикати, тобто витрати, які можна обчислити безпосередньо на одиницю продукції на підставі витратних норм і цін.

Планові витрати основних і допоміжних (технологічних) матеріалів визначаємо на основі даних матеріального балансу, а ціни на них скориставшись інформаційними сайтами, про які зазначено вище. Розрахунки оформлено у вигляді табл. 6.8.

Стаття **«Паливо та енергія на технологічні цілі»**. До цієї статті калькуляції відносять вартість річних затрат технологічних енергоносіїв: електроенергії, природного газу, пари, стиснутого повітря, гарячої води та ін. носіїв енергії. Суму витрат обчислюємо у відповідності до норм витрат певних видів енергоресурсів і діючих тарифів та цін.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У 4 розділі розрахована річна кількість затрат технологічних енергоносіїв і вона становить 2 201 745 кВт·год. ПРАТ "Київ-обленерго": 610,08 грн за 1 МВт·год. Тоді загальні грошові витрати $2201,745 \cdot 610,08 = 1\,343\,240,6$ грн.

Стаття **«Основна заробітна плата технологічних робітників»** містить витрати на оплату праці робітників, безпосередньо зайнятих виготовленням основної продукції. Це основні (технологічні) робітники, а фонд їхньої заробітної плати наведено у табл. 6.5.

Стаття **«Додаткова заробітна плата технологічних робітників»** обчислюється у відсотках від основної заробітної плати технологічних робітників (табл. 6.5).

Стаття **«Єдиний соціальний внесок»** (ЄСВ) – це обов’язкове відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. З 1 січня 2016 р. ставка ЄСВ складає 22 %. Базою для нарахування ЄСВ слугує загальний фонд заробітної плати по відділенню.

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

Норматив витрат на цю статтю встановлюється кожним підприємством у відсотках до статті «Основна заробітна плата технологічних робітників». Для підприємства металургії витрати приймаємо 150 %.

Стаття **«Загальновиробничі витрати»** також є комплексною. До неї належать наступні види витрати:

– амортизація основних засобів та нематеріальних активів загальновиробничого призначення;

– витрати на управління виробництвом в межах виробничого об’єкта, що проектується (оплата праці апарату управління цеху чи дільниці з врахуванням єдиного соціального внеску, офісні витрати в межах цеху чи дільниці);

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних засобів загальновиробничого призначення;
- витрати на удосконалення технології та організації виробництва;
- витрати на освітлення, опалення, водопостачання виробничих приміщень;
- витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища та ін.

Загальновиробничі витрати встановлюють на рівні 100...120 % від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників». Приймаємо значення 100 % від основної заробітної плати.

Стаття «**Загальногосподарські витрати**» – це витрати на управління, виробниче і господарське обслуговування в межах цеху. У цю статтю додатково включаємо витрати на набір і підготовку персоналу, службові відрядження, обов’язкові платежі, плату за банківське обслуговування. Для підприємств металургії загальногосподарські витрати становлять 50–150 % від основної заробітної плати технологічних робітників. Приймаємо значення 100 % .

До статті «**Витрати на підготовку та освоєння виробництва**» належать такі види витрат:

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

Норматив вказаних витрат встановлюємо на рівні 40 % від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників».

Стаття «**Позавиробничі витрати**» включає витрати на реалізацію продукції підприємства:

- відшкодування вантажно-розвантажувальних, складських, пакувальних, транспортних і страхових витрат;

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Величину витрат по цій статті визначаємо у відсотках до виробничої собівартості (сума 9-ти перших статей калькуляції). Вони становлять близько 5...10 %. Приймаємо значення 7 % від перших дев'яти статей калькуляції.

На основі виконаних розрахунків складається планова калькуляція собівартості продукції (табл. 6.10).

Таблиця 6.10 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Витрати на річну програму, тис. грн	Примітки
1. Сировина та матеріали (шихтові матеріали)	134 630,0	
2. Паливо та енергія на технологічні цілі	1 343,2	
3. Основна заробітна плата технологічних робітників	944,9	з табл. 6.5
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників	774,9	з табл. 6.5
5. Єдиний соціальний внесок	378,4	22% від (3+4)
6. Утримання та експлуатація устаткування	1 417,4	3 · 1,5
7. Загальновиробничі витрати	944,9	100% від 3
8. Загальногосподарські витрати	944,9	100% від 3
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва	378,0	40% від 3
Виробнича собівартість річної програми	140 413,4	Сума 1-9
10. Позавиробничі витрати	9 828,9	7% від 1-9
Повна собівартість річної програми	150 242,3	Сума 10 і 9

Повну собівартість одиниці продукції (C_n) розраховують як відношення повної собівартості річної програми випуску продукції ($C_n^{річ}$) до річного програми випуску продукції цеху:

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\pi} = \frac{150\,242\,300}{22969} = 6\,541 \text{ грн за 1 виріб.}$$

6.2.3 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Порівняння спроектованого відділення, як правило, здійснюють із об'єктом, де виробляється аналогічна продукція, за такими показниками:

- трудомісткість продукції;
- капіталомісткість (фондомісткість) продукції;
- період окупності капітальних витрат.

Технологічну трудомісткість (t) у нормо-годинах можна розрахувати за формулою:

$$t = \frac{\chi_{\text{ос}} \cdot \Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}}{G}, \quad (6.5)$$

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

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

G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$t = \frac{14 \cdot 1626}{22969} = 0,99 \text{ нормо-год/шт.}$$

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

$$K_G = \frac{K_{\text{заг}}}{G}, \quad (6.6)$$

$$K_G = \frac{28591920}{22969} = 1268 \text{ грн на одиницю продукції.}$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат ($P_{ок}$), який має критеріальний характер:

$$P_{ок} = \frac{K_{заг}}{ГП_p} < P_{ок}^н, \quad (6.7)$$

де $ГП_p$ – річна сума грошового потоку, грн;

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

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

$$ГП_p = 0,82 \cdot (Ц - C_{п}) \cdot G + \sum A, \quad (6.8)$$

де $Ц$ – ринкова ціна одиниці продукції, грн;

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

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

$\sum A$ – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних засобів по 16-ом групам та передбаченого мінімального терміну їхньої експлуатації (табл. 6.11).

Таблиця 6.11 – Групи основних засобів та мінімальні терміни їхньої експлуатації для плавильного відділення

Групи	Мінімально допустимі строки корисного використання, років	Річна норма амортизації, %
група 4 – машини та обладнання	5	20
група 5 – транспортні засоби	5	20

Нормативний період окупності капітальних вкладень у створення нових чи реконструкцію існуючих відділень, вкладень на технічне переобладнання виробництва приймається у межах 5...7 років.

$$ГП_p = 0,82 \cdot (25 - 6,541) \cdot 22969 + 0,2 \cdot (2 \cdot 2\,800 + 3 \cdot 3\,320 + 450) = 347\,667 + 3202 = 350\,869 \text{ тис. грн.}$$

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{ок}} = \frac{28591920}{350\,869\,000} = 0,08 < P_{\text{ок}}^{\text{н}}$$

Так як для отримання виробу не достатньо виплавити метал, а необхідно ще інші відділення та відповідне обладнання, тому нормально те, що період окупності капітальних вкладів даного відділення менше року.

Основні техніко-економічні показники наведені у таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – Порівняльні техніко-економічні показники спроектованого об'єкта

Найменування показників	Одиниця виміру	Спроектований
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції (G)	т, шт	7500 т, 257740 шт.
2. Загальна площа відділення	м ²	1008
3. Виробнича площа відділення	м ²	250
4. Капіталомісткість продукції (K_G)	$\frac{\text{грн}}{\text{т}}$ ($\frac{\text{грн}}{\text{шт}}$)	1714 $\frac{\text{грн}}{\text{т}}$, 1268 $\frac{\text{грн}}{\text{шт}}$
5. Загальна чисельність у тому числі: основний (технологічний) персонал допоміжний (технологічний) персонал управлінський та обслуговуючий персонал	осіб	14 18 4
6. Загальний річний фонд заробітної плати	грн	4929900
7. Середньомісячна заробітна плата одного працівника	грн	8430
8. Річний виробіток на одного працівника (продуктивність праці)	$\frac{\text{т}}{\text{особу}}$ ($\frac{\text{шт}}{\text{особу}}$)	472 $\frac{\text{т}}{\text{особу}}$, 638 $\frac{\text{шт}}{\text{особу}}$
9. Технологічна трудомісткість продукції (t)	$\frac{\text{нормо} - \text{годин}}{\text{т (шт)}}$	1,34 $\frac{\text{нормо} - \text{год}}{\text{т}}$, 0,99 $\frac{\text{нормо} - \text{год}}{\text{шт}}$
10. Виробнича собівартість одиниці продукції	$\frac{\text{грн}}{\text{т (шт)}}$	6541 $\frac{\text{грн}}{\text{шт}}$
7. Період окупності ($P_{\text{ок}}$)	років	5

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Завдання з дипломного проекту має наступну тему: «Технологічний процес виготовлення виливка «Кришка» та організація роботи плавильного відділення екскаваторного заводу». На даному етапі роботи розглядаються основні положення охорони праці та безпеки при роботі в плавильному відділенні ливарного цеху.

Метою даного розділу є виявлення та оцінка потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях, що створюються під час плавлення металу, та заходи їх усунення, оскільки найбільша кількість небезпек може виникати в процесі плавлення, розливання та переміщення металу з печі.

Технологічні процеси переплавки і розливу металу відносяться до виробництва, діяльність якого пов'язана із застосуванням сировинних матеріалів тих, що виділяють шкідливі речовини в умовах виробництва.

Готова продукція – виливки зі сталі не токсичні, в обігу безпечні.

7.1 Загальна характеристика умов праці у плавильному відділенні

Параметри приміщення наведені в таблиці 7.1.

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ					
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Соловійов А.Д.								
Перевірів		Лук'яненко І.В.							73	84
								НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		
Н. Контр.		Лютий Р.В.								
Затв.										

Таблиця 7.1 – Параметри приміщення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
Приміщення			
1	Параметри приміщення	24000мм×42000мм×10000мм; S=1008 м ² ; V=10080 м ³	1
2	Кількість працівників	Працівники плавильного відділення	36
3	Природне освітлення	Вікно металопластикове Salamander 3000мм×2000мм	8
4	Штучне освітлення	Люмінісцентна лампа низького тиску ЛБ-80 (80 Вт, 5200 Лм)	12

Обладнання і оснащення приміщення наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Обладнання і оснащення приміщення

№ п/п	Назва	Характеристики	Кількість	Номер на рисунку
1	Індукційна сталеплавильна тигельна піч ІСТ 2,5/1,75	- розміри 2100мм×2100мм×1900мм; - місткість 2,5 т; - потужність 1500 кВт; - напруга 380 В, 500 Гц; - температура 1700 °С.	2	1
2	Індукційна сталеплавильна тигельна піч ІСТ 6/3	- розміри 2600мм×2600мм×2100мм; - місткість 6 т; - потужність 2500 кВт; - напруга 380 В, 500 Гц; - температура 1700 °С.	3	2
3	Мостовий кран	- місткість 5 т; - ширина 24 м.	1	3

План та розміри обладнання приміщення цеху зображено на рисунку 7.1.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

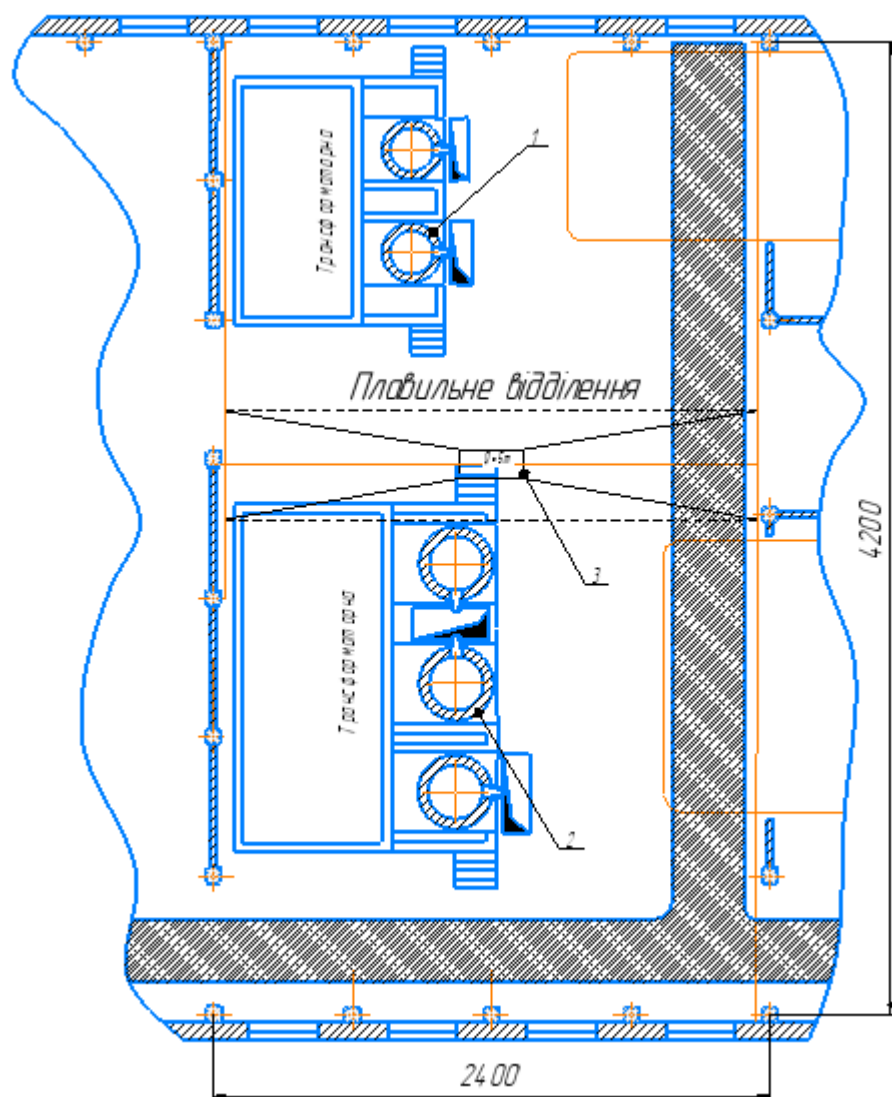


Рисунок 7.1 – План плавильного відділення

7.2 Відповідність вимогам об'єму і площі на одного працівника та розташування технологічного обладнання

Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання наведено в таблиці 7.3.

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Таблиця 7.3 – Порівняння реальних та нормативних характеристик

Параметри	Нормативне значення	Реальне значення
Площа на 1 працівника, м ²	4,5	18
Об'єм на 1 працівника, м ³	15	180
Мінімальна ширина проходу, м	1,5	4

7.3 Оцінка потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів

Визначено небезпечні і шкідливі виробничі фактори в плавильному відділенні, що дозволять виявити небезпеки та розробити заходи по покращенню (нормалізації) умов праці (табл.7.4).

Таблиця 7.4 – Основні небезпечні та шкідливі фактори

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори										Небезпечні виробничі фактори			
	Шкідливі речовини	Випромінювання в оптичному діапазоні			Електромагнітні поля	Магнітні поля	Іонізуючі випромінювання	Шум	Ультразвук	Статичне навантаження на руку	Електричний струм	Іскри, бризки і викиди розплавленого металу	Механізми і вироби, що рухаються	Системи, які знаходяться під тиском,
		Ультрафіолетове	Видиме	Інфрачервоне										
Індукційне плавлення	хх	х	х	х	х	-	-	х	-	-	хх	х	х	-

Примітки: хх – інтенсивний фактор; х – помірний фактор; (-) – незначний фактор чи його відсутність

7.3.1 Теплові небезпеки плавильного відділення

Всі джерела небезпеки, реальні та нормативні фактори записуємо в таблиці 7.5 та 7.6.

Таблиця 7.5 – Джерела небезпеки

Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
Індукційна тигельна піч ІСТ	сталь, тигель, ніхромово спіраль	розплав сталі, нагрівання тиглю, нагріті поверхні обладнання та матеріалів	опіки, гіпертермія

					ФЛ71.7100.1110.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.6 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, які створюються у технологічному процесі

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Нагріті поверхні обладнання, матеріалів	1000 °С, 1650 °С	60 °С
2	Температура повітря	10...14 °С взимку, 24...26 °С влітку	16...18 °С взимку, 18...20 °С влітку
3	Вологість	40% взимку, 60% влітку	40...60%
4	Інфрачервоне випромінювання (інтенсивність теплового потоку)	105,0 Вт/м ²	35,0 Вт/м ²

Рівень мікроклімату та інфрачервоне випромінювання вище норми. Для їх покращення в приміщенні були наведені засоби та заходи в таблиці 7.7.

Таблиця 7.7 – Заходи та засоби захисту від теплового та інфрачервоного випромінювання

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	екранування джерел теплового випромінювання та інфрачервоного випромінювання	Для захисту від опіків та гіпертермії
2	Організаційні заходи	встановити спеціальні установки з безкоштовною газованою підсоленою водою	Для забезпечення водного балансу
3	ЗІЗ	спецодяг	Для уникнення можливих опіків
		ЗІЗ для захисту голови	
		захисні окуляри	
		спецвзуття	
		рукавички	

7.3.2 Аналіз джерел ураження електричним струмом

Електричні фактори небезпеки та засоби захисту від електроураження наведено в таблицях 7.8 – 7.10.

Таблиця 7.8 – Джерела небезпеки

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Індукційна плавильна піч ІСТ	Металоконструкція корпусу	Струмопровідна підлога, висока температура, дотик без ЗІЗ.	Ураження струмом

Дані про споживання напруги наведено у табл. 7.9.

Таблиця 7.9 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Максимальний струм	>1 А	0,025 А
		380 В	45 В

Для зниження ймовірності настання небезпечної ситуації, необхідно дотримуватись заходів безпеки, які наведені в таблиці 7.10.

Таблиця 7.10 – Засоби захисту від електротравм

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1	2	3	4
1	Технічні	- захисні заземлення (наземні комунікації); - захисне розділення електромереж;	Уникнення пробою, витоків струму уникнення контакту зі струмопровідними частинами
2	Організаційні	- інструктаж з правил електробезпеки; - підтримка сухого, незапиленого приміщення з вологістю не вище 75%	Доступність знань щодо безпеки експлуатації

Продовження таблиці 7.10

1	2	3	4
3	Режимні	Перевірка несправностей тільки у відключеному стані;	Уникнення контакту з елементами під напругою
4	Експлуатаційні заходи	Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів (дроти запобіжники, рубильники)	Забезпечення безпечної роботи з об'єктом
5	Засоби індивідуального захисту	Електро-захисні засоби (оперативні штанги і кліщі, діелектричні перчатки, інструмент з ізольованими ручками і вказівники напруги)	Забезпечення безпечної роботи з обладнанням

Виявлена наявність електробезпеки, яка може проявлятися у вигляді витоку струму з електромережі та надання травм організму при контакті з джерелом небезпеки.

7.3.3 Хімічні фактори

У таблиці 7.11 представлено джерела хімічної небезпеки, причини та їх наслідки.

Таблиця 7.11 – Джерела небезпеки

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідок
1	Індукційна тигельна піч ICT	Плавлення сталі	Вдихання пилу, газів (CO, аміак, Cl ₂ , HF, ZnO)	Ризик виникнення ряду хвороб та алергій та можливість отруєння

Таблиця 7.12 – Нормативне і реальне значення хімічної небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативне значення
1	Запилення, загазованість приміщення	0,8 мг/м ³	1 мг/м ³

Можливі заходи та їх реалізація представлених джерел небезпеки представлені в таблиці 7.13.

Таблиця 7.13 – Засоби захисту від шкідливих хімічних факторів

Заходи	Реалізація
Засоби індивідуального захисту	Маски для захисту органів дихання
Технічні заходи	Встановлення вентиляції: для осадження пилу – пиловловлювач, витяжні зонти, установки повітряного дозування

7.4 Висновок до розділу

У даному розділі дипломної роботи розглянуто плавильне відділення, що розраховане на 36 співробітників, де відбувається виплавлення та транспортування металу, а також розглянуті норми та заходи з охорони праці й техніки безпеки.

Було здійснено аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях, що створюються під час експлуатації технічного обладнання.

Приміщення не відповідає всім нормам по мікроклімату та запиленню приміщення, тому було запропоновано засоби та заходи від шкідливих факторів. Працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки.

Для поліпшення умов праці робітникам необхідно періодично надавати санітарно-гігієнічну перерву в процесі виробництва, скоротити тривалість робочого дня, надавати подовжену відпустку, у місцях відпочинку під час перерви встановити спеціальні установки з безкоштовною газованою підсоленою водою, що дещо полегшує стан організму в такому виробничому середовищі, забезпечити всіх засобами індивідуального захисту та спецодягом, тощо.

ДОДАТКИ

					ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ					
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДОДАТКИ			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Соловійов А.Д.								
Перевірів		Лук'яненко І.В.							81	84
								НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71		
Н. Контр.		Лютий Р.В.								
Затв.										

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Документація		
A1			ФЛ71.7100.1110.0004 ДП	Форма в зборі		
A4			ФЛ71.7100.1110.0000 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Стандартні вироби</u>		
		1		Опока нижня ГОСТ 15000-69	1	
		2		Опока верхня ГОСТ 15000-69	1	
		3		Втулка центрувальна	2	
				ГОСТ 20126-76		
		4		Штир центрувальний	1	
				ГОСТ 22965-76		
		5		Штир напрямний	1	
				ГОСТ 22965-76		
		6		Втулка напрямна	2	
				ГОСТ 20126-76		
				<u>Інші вироби</u>		
		7		Стрижень	2	
		8		Ребро хрестовини	12	
				ФЛ71.7100.1110.0000. ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ФОРМА В СКЛАДЕНОМУ ВИГЛЯДІ	
Розроб.	Соловійов А.Д.					
Перевір.	Лук'яненко І.В.					
Н. контр.	Лютій Р.В.					
Затверд.					КПІ ім. І. Сікорського, ІМЗ, ФЛ-71	
					Літ.	Арк.
						83 84

[illegible]