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

«На правах рукопису»

УДК 621.742.

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ М. М.Ямшинський

« __» _____2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра
за освітньою-професійною програмою
«Комп'ютеризовані процеси лиття»
зі спеціальності 136 – Металургія
на тему: «Ливарний комплекс машинобудівного заводу з розробленням технологій виготовлення виливків різними способами лиття»

Виконав:
студент VI курсу, групи ФЛ-91 мп
Живцов Віктор Анатолійович _____

Науковий керівник: доц., д.т.н. Ямшинський М.М. _____

Консультант з економічно-організаційної частини:
доц., к.е.н. Нараєвський С.В. _____

Консультант з нормоконтролю: доц., к.т.н. Лютий Р.В. _____

Рецезент: к.т.н., Котляр С.М. _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2020 року

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

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»

Спеціальність (спеціалізація) – 136 «Металургія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____М.М. Ямшинський

(підпис) (ініціали, прізвище)

"__ " _____2020 р.

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Живцову Віктору Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Ливарний комплекс машинобудівного заводу з розробленням технологій виготовлення виливків різними способами лиття» . Науковий керівник Ямшинський Михайло Михайлович к. т. н. доцент, затверджені наказом по університету від «16 » листопада 2020 року №3313-с. Термін подання студентом дисертації: 14 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження: ливарний комплекс та технологічні процеси виробництва виливків різної маси із різних сплавів

4. Вихідні дані: 4.1. Матеріали переддипломної виробничої практики. 4.2. Література за темою дисертації. 4.3. Потужність ливарного комплексу 7000 т придатних виливків за рік. 4.4. Номенклатура виливків ливарного цеху масою до 25 кг – 21 найменування.

5. Перелік питань, які потрібно розробити:

5.1. Аналіз виробничої програми цеху. 5.2. Проектування технологічних відділень ливарного цеху. 5.3. Технологічна частина. 5.4. Спеціальна частина. 5.5. Економічно-організаційна частина. Висновки

6. Орієнтований перелік графічного матеріалу:

6.1. План цеху 6.2. Розріз цеху. 6.3 Технологія ливарної форми першого виливка (3 аркуші). 6.4. Технологія ливарної форми другого виливка (4 аркуші). 6.5. Загальний вигляд та окремий вузол технологічного устаткування (1 аркуш). 6.6. Порівняльні техніко-економічні показники. 6.7. Стартап

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис,дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Економічно-організаційна частина	к.т.н. доцент Нараєвський С. В.		
Нормоконтроль	к.т.н доцент Лютий Р.В.		

8. Дата видачі завдання 03 вересня 2020 року

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів дисертації	Примітка
1	Переддипломна науково-виробнича практика. Аналіз результатів практики	03.09.20…26.10.20 р.	
2	Аналіз виробничої програми	27.10.20…03.11.20 р.	
3	Проектування основних і допоміжних виробничих відділень і дільниць	04.11.20…15.11.20 р.	
4	Розроблення технологічної частини роботи	16.11.20…19.11.20 р.	
5	Розроблення спеціальної частини роботи	20.11.20…25.11.20 р.	
6	Виконання графічної частини дисертації	26.11.20…08.12.20 р.	
7	Виконання завдання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	09.12.20…11.12.20 р.	
8	Виконання економічно-організаційної частини	09.12.20…13.12.20 р.	
9	Оформлення магістерської дисертації	01.12.20…14.12.20 р.	
10	Рецензування магістерської дисертації	14.12.20…17.12.20 р.	
11	Захист магістерської дисертації	21.12.18 р	

Студент Живцов В.А. _____

Науковий керівник дисертації Ямшинський М.М. _____

Пояснювальна записка до дисертації

на тему: “ Ливарний комплекс машинобудівного заводу з розробленням технологій виготовлення виливків різними способами лиття ”

№	Формат	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Документація		
1	А4			Завдання на дисертацію	2	
2	А4		ФЛ91мп.9102.1110.0000 ПЗ	Пояснювальна записка	115	
3	А0		ФЛ91мп.9102.1110.0001	План цеху	1	
4	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0002	Розріз цеху	1	
5	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0003	Технологія виготовлення		
				виливка «Фланець важеля»	1	
6	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0004	Прес-форма	1	
7	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0005	Форма в зборі	1	
8	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0006	Технологія виготовлення		
				виливка «Ролик»	1	
9	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0007	Стрижневий ящик	1	
10	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0008	Модельна плита з		
				моделлю верху	1	
11	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0009	Модельна плита з		
				моделлю низу	1	
12	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0010	Дробометний барабан		
				періодичної дії моделі		
				42223	1	
13	А1		ФЛ91мп.9102.1110.0011	Техніко-економічні		
				показники	1	

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ91мп.9102.1110.0000		
Розробив		Живцов В.А.			Відомість до магістерської дисертації	Літ.	Аркуш 5 / Аркушів 115
Перевірив		Ямшинський М.М					
Н. контр.		Лютий Р.В.				НТУУ«КПІ», ,ІМЗ, ФЛ-91мп	
Затвердив							

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ДИСЕРТАЦІЇ

Завданням даного дипломного проекту є розроблення ливарного цеху з потужністю 7000 т придатних виливків на рік. Річна програма випуску виливків розподілена за кількома групами. Дані групи розподіляються за способами виготовлення деталей, до яких відносять лиття в разові піщані форми та лиття за моделями, що витоплюються.

Необхідно виконати розробку технологічного процесу виготовлення виливка «Фланець важеля» масою 0,92 кг з металу марки АК12 та другого виливка «Ролик» масою 2,25 кг з металу марки СЧ20. Відповідно за конфігурацією та застосування даних деталей необхідно розрахувати ливникову систему та розміри опок та стрижнів для лиття в піщано-глинясті форми, прес-форму для лиття за моделями, що витоплюються. За необхідності застосувати для виливка надливи та холодильники. В результаті деталі повинні мати зазначені для роботи механічні властивості та відповідну структуру.

Проектування ливарного устаткування відбувається на основі обраних машин, які будуть працювати в ливарному цеху.

Розроблення та планування розділів з організації та економіки виробництва має забезпечити план фінансування та кількість робітників, що працюватимуть на виробництві.

РЕФЕРАТ

Дисертація складається з: 115 стор.;11 рис.; 21 табл.; 13 посилань.

У проекті проектується ливарний цех потужністю 7000 тонн придатних виливків на рік із такого металу як сплави марок АК12 та СЧ20. Розробляється технологічний процес виготовлення виливка «Фланець важеля» масою 0,92 кг з металу марки АК12 та другого виливка «Ролик» масою 2,25 кг з металу марки СЧ20.

Результати проектування – розроблена технологія виливку «Ролик» литтям у разові піщано-глинясті форми та технологія виливку «Фланець важеля» литтям за моделями, що витоплюються. Виконано технічне планування відділення ливарного цеху та ливарного устаткування. При проектуванні відділеннь проведено аналіз необхідності устаткування, виконано розрахунок організаційних та економічних чинників, результатом яких є обчислення заробітної плати робітників(основних та допоміжних), витрати на амортизацію устаткування та енергетичні ресурси, що застосовуються для прискорення виробничого процесу. Згідно нормативних документів враховано всі заходи щодо безпеки життєдіяльності працівників та приділено увагу до збереження екологічності навколишнього середовища, за допомогою встановлення запобігаючих засобів біля устаткування та встановлення притяжних витяжок в конструкції будівлі та безпосередньо у відділенні фінішних операцій.

ВИЛИВОК, ДЕТАЛЬ, ЧАВУН, АЛЮМІНІЙ. МОДЕЛЬНА ПЛИТА. ДРОБОМЕТНИЙ БАРАБАН, ЛИВАРНА ФОРМА, ФЛАНЕЦЬ ВАЖЕЛЯ, РОЛИК, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

					ФЛ91мп.9102.1110. 0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Живцов В.А.			Реферат	Літ.	Арк. 7 / Акрушів 115
Перевір.		Ямшинський М.М.					
Реценз.						НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІМЗ,ФЛ-91мп	
Н. Контр.		Лютий Р.В.					
Затверд.							

ABSTRACT

Dissertation consists of: 116 pages, 11 pages; 21 tables; 13 links.

The project envisages a foundry with a capacity of 7,000 tons of suitable castings per year from such metal as AK12 and SC20 alloys. The technological process of manufacturing the casting "Flange of the lever" weighing 0.92 kg of AK12 metal and the second casting "Roller" weighing 2.25 kg of metal brand SCh20 is being developed.

The results of the design – the technology of casting "Roller" by casting in disposable sand-clay molds and the technology of casting "Flange of the lever" by casting on melting models. The technical planning of the foundry department and foundry equipment was performed. When designing the departments, an analysis of the need for equipment, the calculation of organizational and economic factors, the result of which is the calculation of wages (basic and auxiliary), depreciation costs of equipment and energy resources used to accelerate the production process. According to the regulations, all measures for the safety of life of employees are taken into account and attention is paid to preserving the environmental friendliness of the environment by installing precautions near the equipment and installing hoods in the building structure and directly in the finishing department.

CASTING, DETAIL, CAST IRON, ALUMINUM. MODEL PLATE. DRO-BOMETNY DRUM, FOUNDRY FORM, LEVER FLANGE, ROLLER, TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS

ЗМІСТ

ВСТУП 13
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ 14
1.1 Виробнича програма 14
1.2 Аналіз виробничої програми 14
1.3 Характеристика виробництва цеху 16
2 РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ 18
3 ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ 21
3.1 Розрахунок плавильного відділення 23
3.1.1 Баланс металу 23
3.1.2 Розрахунок необхідної кількості плавильних агрегатів 24
3.1.3 Витрати шихтових матеріалів 27
3.1.4 Парк ковшів і ковшова дільниця 28
3.2 Розрахунок формувально-складально-заливально-вибивального відділення цеху 29
3.3 Розрахунок стрижневого відділення 31
3.4 Розрахунок сумішоприготувального відділення 33
3.5 Розрахунок відділення лиття за моделями, що витоплюються 35
3.6 Розрахунок відділення фінішних операцій 41
4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА «ФЛАНЕЦЬ ВАЖЕЛЯ» 45
4.1 Конструкція деталі 45
4.2 Визначення припусків на механічне оброблення 46
4.3 Аналіз способу виробництва деталі 47
4.4 Визначення кількості виливків у формі 47
4.5 Розрахунок ливникової системи 47

4.6 Опис технологічного процесу 50
4.6.1 Вибір модельної композиції 50
4.6.2 Виготовлення моделі з модельної композиції 50
4.6.3 Вогнетривка суспензія 51
4.6.4 Виготовлення керамічної оболонки 52
4.6.5 Заливання 53
4.6.6 Вибивання та фінішні операції 53
4.7 Термічне оброблення виливків 54
4.8 Розрахунок конструкції прес-форми 54
5 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА «РОЛИК» 56
5.1 Конструкція виливка 57
5.2 Вибір площини роз'єму моделі(форми) 57
5.3 Визначення припусків на механічне оброблення 57
5.4 Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення 59
5.5 Розрахунок ливникової системи 59
5.6 Розрахунок підйомної сили, що діє на верхню напівформу 63
5.7 Витрати формувальних матеріалів на 1 тону виливків 64
5.8 Вихід придатного литва 65
6 ПРОЕКТУВАННЯ ДРОБОМЕТНОГО БАРАБАНУ 66
6.1 Конструкція і робота машини 66
6.2 Розрахунки основних технологічних та конструктивних парметрів машини 68
6.3 Догляд за машиною 74
6.4 Техніка безпеки при роботі з машиною 75
7 ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ, ДІЛЬНИЦІ ТА СЛУЖБИ ЦЕХУ 76
7.1 Приміщення цехових комор для зберігання допоміжних матеріалів, інструменту і спецодягу 76
7.2 Приміщення санітарно–технічної майстерні 76
7.3 Приміщення цехових лабораторій 76

8 СКЛАДСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО І ВНУТРІШНЬОЦЕХОВИЙ ТРАНСПОРТ . 77
8.1 Складське господарство 77
8.2 Внутрішньо-цеховий транспорт 77
9 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА 79
9.1 Елементи конструкції будівлі 79
9.2 Побутові і адміністративно – службові приміщення 80
9.3 Опалення і вентиляція 80
10 ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА 81
11 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 85
11.1 Організаційний розділ 85
11.1.1 Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників 85
11.1.1.1 Основні робітники 85
11.1.1.2 Допоміжні робітники 85
11.1.2 Управлінський персонал 86
11.1.3 Загальна чисельність працівників 86
11.1.4 Розрахунок фондів заробітної плати 87
11.1.5. Розрахунок показника продуктивності праці 89
11.2 Економічний розділ 89
11.2.1 Визначення обсягів капітальних вкладень в цех, що проектується 90
11.3 Визначення планової собівартості одиниці продукції 95
11.4 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення 100
12 БІЗНЕС ПРОЕКТ 103
12.1 Команда 103
12.2 Назва проекту 103
12.3 Короткий опис проекту 103
12.4 Бізнес-модель 104
12.4.1 Цінний продукт 104
12.4.2 Сегмент споживачів 104
12.4.3 Канали збуту 104
12.4.4 Дохід (монетизація) 104

12.4.5 Ключові види діяльності 104
12.4.6 Ключові ресурси 105
12.4.7 Ключові партнери 105
12.4.8 Витрати 105
12.9 Елементи фінансового плану 105
12.9.1 Опис бізнес-проекту 106
12.9.2 Фінансовий план 106
12.9.3 Резюме 106
ВИСНОВКИ 107
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 108
ДОДАТКИ 109

ВСТУП

Ливарне виробництво є однією із найважливіших ланок в галузі машинобудування. За допомогою литва виготовляються майже всі деталі машин, а саме 40…80 %. В процесі створюються деталі різної конфігурації та різного призначення, починаючи від найпростіших втулок та закінчуючи внутрішньої порожнини двигунів внутрішнього згорання, які потребують високої точності і здатності витримувати механічні та термічні навантаження.

На сьогодні виробництво деталей припадає більш ніж 100 мільйонів тонн за рік. Для виготовлення виливків застосовуються різноманітні процеси литва, такі як лиття в разові піщані форми; лиття за моделями, що витоплюються; за моделями, що газифікуються та інші. Застосовуються різноманітні сплави, в залежності від майбутнього призначення виливка. Найбільш широко застосовуючими є чавуни та сталі.

Завданням даного проекту є проектування ливарного цеху та розроблення технології виготовлення виливка «Фланець важеля» із сплаву АК12 та виливка «Ролик» із сплаву СЧ20.

Ливарний цех буде компонованим , оскільки на виробництві застосовані такі види литва як лиття в разові піщані форми та лиття за моделями , що витоплюються. Для коректної роботи необхідно підібрати відповідне устаткування.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Ливарний цех заводу призначено для виготовлення виливків, що використовуються в промисловості, а також художнє литво.

Ливарний комплекс заводу розділено на два способи лиття, такі як:

– литво за моделями, що витоплюються (2000 тисяч тон придатних виливків на рік) – I спосіб;

– лиття в піщано-глинясті форми (5000 тисяч тон придатних виливків на рік) – II спосіб.

Дані способи, виходячи з даної номенклатури, мають наступну масу виливків та матеріал:

– I спосіб - 0,92…3,6 кг, матеріал АК12 ;

– II спосіб - 2,25… 25,0 кг, матеріал СЧ20.

Номенклатуру ливарного цеху описано в таблиці 1.1.

1.2 Аналіз виробничої програми

Задля того, щоб виконати річну програму випуску виливків в цеху, потрібно виготовити необхідну кількість виробів. Для проектування цеху, визначимо кількість виробів окремо для кожного виду литва за наступною формулою[2]:

$$К = \frac{П}{\sum_{i=1}^{n} \mathbf{m}_i}, \qquad (1.1)$$

де П – задана річна програма ливарного цеху.

m_i – маса металу, яка необхідна для виготовлення *i*–го виробу, кг.

Для виконання річного плану цеху беремо масу виливків з номенклатури виливків, яка представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. - Номенклатура виливків ливарного цеху

Індекс	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал виливка	Маса виливка, кг	Кількість дет. на 1 виріб, шт	Маса виливків на 1 виріб, кг	Режим термічного оброблення
1	ФЛ9101	Педаль	АК12	2,8	1	2,8	Відпуск 150°С
2	ФЛ9102	Фланець важе-ля	АК12	0,92	2	1,8	
3	ФЛ9103	Шестерня	АК12	2,4	6	14,4	
4	ФЛ9104	Штуцер	АК12	1,4	2	2,8	
5	ФЛ9105	Стакан	АК12	2,4	2	4,8	
6	ФЛ9106	Диск 1	АК12	1,3	4	5,2	
7	ФЛ9107	Коробка	АК12	2,6	2	5,2	
8	ФЛ9108	Кришка 1	АК12	3,2	3	9,6	
9	ФЛ9109	Водило 1	АК12	3,2	4	12,8	
10	ФЛ9110	Водило 2	АК12	3,6	2	7,2	
11	ФЛ9111	Супорт 2	АК12	3,6	2	7,2	
12	ФЛ9112	Ролик	СЧ20	2,3	4	9	Відпал 850°С
13	ФЛ9113	Педаль 2	СЧ20	3,5	1	3,5	
14	ФЛ9114	Корпус опори	СЧ20	10	2	20	
15	ФЛ9115	Важіль	СЧ20	5,6	4	22,4	
16	ФЛ9116	Рукоятка	СЧ20	6,1	2	12,2	
17	ФЛ9117	Фланець	СЧ20	15,2	3	45,6	
18	ФЛ9118	Кронштейн	СЧ20	24,5	3	73,4	
19	ФЛ9119	Водило праве	СЧ20	24,7	2	49,4	
20	ФЛ9120	Кільце	СЧ20	12,5	2	25	
21	ФЛ9121	Опора	СЧ20	23,3	6	139,8	
Всього						486,7	

Для першого способу лиття маємо П = 2000 т та $\sum_{i=1}^{n} m_i$ = 73,8 кг, звідси отримуємо:

$$К = \frac{2000000}{73,8} = 27086 \text{ виробів на рік}$$

Для другого способу лиття маємо П = 5000 т та $\sum_{i=1}^{n} m_i$ =96,90 кг, звідси:

$$К = \frac{500000}{412,9} = 12110 \text{ виробів на рік}$$

Звідси, цех буде виробляти 27086 виробів на рік на одну одиницю способом лиття, за моделями що витоплюються та 12110 виробів на рік способом лиття в піщано-глинясті форми, що цілком задовольняє задану виробничу програму придатного литва на рік.

Маючи необхідні дані ,отримуємо річну програму виробництва виливків , враховуючи і запасні частини , відсоток яких за теоретичними даними складає 10%.Програма виробництва представлена в таблиці 1.2.

1.3 Характеристика виробництва цеху

За характером виробництва цех відноситься до цехів серійного виробництва.

Основними параметрами вибору технологічного процесу і устаткування для виготовлення виливків є: характер виробництва, маса і габарити виливків, їх клас точності, рід металу, вид виробничої програми і потужність цеху [1].

Приймаємо єдину суміш для виготовлення моделей майбутніх виливків в кожному із способів. В сумішоприготувальному відділенні передбаченні дільниці для приготування облицювальної суміші та їх наступного сушіння .

Структура цеху вміщає в себе такі основні та допоміжні відділення та дільниці:

– виробничі відділення (відділення виготовлення виливків за моделями, що витоплюються; плавильневідділення;формувально-складально заливально-вибивальне відділення та віділення механічної обробки,стрижневе відділення сумішоприготувальне та заготувальне відділення, відділення фінішних операцій); відділення фінішних операцій,;

– допоміжні відділення (ремонту та сушіння ковшів, ремонтно-механічні майстерні, цехові лабораторії); склади (склад шихтових і формувальних матеріалів, модельної оснастки, готових виливків).

Таблиця 1.2. Точна виробнича програма

Індекс	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал і марка	Маса готової деталі кг	Маса виливки кг	Кількість шт	Кількість за масою, кг	Річна програма випуску виливків						
								на основні вироби		на запасні частини			всього	
								шт	т	%	шт	т	шт	т
1	ФЛ9101	Педаль	АК12	2,38	2,8	1	2,8	24377	68,3	10	2709	7,6	27086	75,8
2	ФЛ9102	Фланець важеля	АК12	0,782	0,92	2	1,84	48755	44,9	10	5417	10	54172	49,8
3	ФЛ9103	Шестерня	АК12	2,04	2,4	6	14,4	146264	351	10	16252	234	162516	390
4	ФЛ9104	Штуцер	АК12	1,19	1,4	2	2,8	48755	68,3	10	5417	15,2	54172	75,8
5	ФЛ9105	Стакан	АК12	2,04	2,4	2	4,8	48755	117	10	5417	26	54172	130
6	ФЛ9106	Диск 1	АК12	1105	1,3	4	5,2	97510	126,8	10	10834	56,3	108344	140,8
7	ФЛ9107	Коробка	АК12	2,21	2,6	2	5,2	48755	126,8	10	5417	28,2	54172	140,8
8	ФЛ9108	Кришка 1	АК12	2,72	3,2	3	9,6	73132	234	10	8126	78	81258	260
9	ФЛ9109	Водило 1	АК12	2,72	3,2	4	12,8	97510	312	10	10834	138,7	108344	346,7
10	ФЛ9110	Водило 2	АК12	3,06	3,6	2	7,2	48755	175,5	10	5417	39	54172	195
11	ФЛ9111	Супорт 2	АК12	3,06	3,6	2	7,2	48755	175,5	10	5417	39	54172	195
Всього					27,42		73,84							2000
12	ФЛ9112	Ролик	СЧ20	1913	2,25	4	9	43596	98,1	10	4844	44	48440	109
13	ФЛ9113	Педаль 2	СЧ20	2975	3,5	1	3,5	10899	38,1	10	1211	4,2	12110	42,4
14	ФЛ9114	Корпус опори	СЧ20	8,5	10	2	20	21798	218	10	2422	48,4	24220	242,2
15	ФЛ9115	Важіль	СЧ20	4,76	5,6	4	22,4	43596	244,1	10	4844	108,5	48440	271,3
16	ФЛ9116	Рукоятка	СЧ20	5185	6,1	2	12,2	21798	133	10	2422	29,5	24220	147,7
17	ФЛ9117	Фланець	СЧ20	12,92	15,2	3	45,6	32697	497	10	3633	165,7	36330	552,2
18	ФЛ9118	Кронштейн	СЧ20	20,83	24,5	3	73,5	32697	844	10	3633	281	36330	937
19	ФЛ9119	Водило праве	СЧ20	21	24,7	2	49,4	21798	632	10	2422	140	24220	702
20	ФЛ9120	Кільце	СЧ20	10,63	12,5	2	25	21798	272	10	2422	61	24220	303
21	ФЛ9121	Опора	СЧ20	19,81	23,3	6	139,8	65394	1524	10	7266	1016	72660	1693
Всього					133,25		412,9							5000

2. РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ І ФОНДИ ЧАСУ

Найкращим режимом роботи цеху є той режим, при котрому технологічні операції проходять водночас на різних робочих дільницях , що значно пришвидшує виробництво. Опираючись на дані номенклатури потужності цеху (2000 тис.т. придатних виливків за рік для лиття, за моделями, що витоплюються та 5000 тис. т. литтям в разові піщано-глинясті форми) та за масою виливків, яка знаходиться в інтервалі до 30кг, обираємо двозмінний паралельний режим роботи цеху.

Робота цеху в такому режиму дає змогу під час третьої зміни робити профілактичні роботи та обслуговування устаткування цеху[2].

Визначивши необхідний режим роботи, необхідно знайти фонди часу задля роботи устаткування для кожного відділення та персоналу, що в ньому працює. Дана кількість часу буде залежати від кількості устаткування і робітників. Враховується при розрахунку і кількість робочих та вихідних або святкових днів, а також годинна тривалість робочої зміни на день.

Фонди часу роботи устаткування та робітників визначають за даною формулою [2]:

$$Ф_к = Р \cdot Д , \qquad (2.1)$$

де $Ф_к$- календарний фонд часу,год;

Р - кількість днів у році;

Д - кількість годин у добі;

Підставивши теоретичні дані в формулу (2.1) , отримаємо:

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

					ФЛ91мп.9102.1110.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Живцов В.А.			Режим роботи і фонди часу	Літ.	Арк. 18 / Аркушів 115
Перевір.		Ямшинський М.М.					
Н. Контр.		Лютий В.В.				НТУУ «КПІ»,ІМЗ, ФЛ-91мп	
Затверд.							

Номінальний фонд – це поняття, що характеризує час, який устаткування працює за налаштуванням, що вказано завчасно та режимом роботи без зайвих втрат часу. Дану величину розраховуємо за наступною формулою [2]:

$$Ф_н = С \cdot Г, \quad (2.2)$$

де $Ф_н$ - номінальний фонд часу, год;

С - кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Г - кількість годин в залежності від кількості змін роботи, одна зміна дорівнює 8 годин.

Беручи до уваги святкові та вихідні дні календарного року, маємо 250 робочих днів. Під час однозмінного (8-годинного) режима роботи робітників номінальний фонд становить [2]:

$$Ф_н = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Для двозмінного режиму роботи:

$$Ф_н = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год.}$$

Дійсний(ефективний) фонд часу $Ф_д$ – це час, при якому обладнання виконує всі необхідні функції, тобто є праце спроможним і не потребує діагностики або ремонту. Цей фонд часу вираховується за рахунок різниці номінального фонду втрат часу на вивчення виробництва та незапланованих втрат. Розраховуємо за формулою [2]:

$$Ф_Д = Ф_н - В, \quad (2.3)$$

де $Ф_н$ - номінальний фонд часу, год;

В – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені втрати, за умови 40-годинного робочого тижня і 4-х тижневої відпустки ефективний фонд часу для робітників становить [2]:

$$Ф_д = 2000 – (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год}$$

За умови 40-годинного робочого тижня для устаткування, його номінальний фонд роботи становить 4000 годин при роботі в дві зміни, а саме 250 робочих днів. Приймаємо 7% незапланованих втратчасу при роботі устаткування(поломка, запуск і т.д.), тоді [2]:

$$Ф_н = 4000 – (4000 \cdot 0,07) = 3720 \text{ год.}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Режим роботи та фонди часу ливарного цеху

Інд. поз.	Найменування відділення, дільниці; тип установки	Кількість робочих змін за добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год.	
			устаткування	робітника
1	Відділення виготовлення виливків за витоплюваними моделями	2	3720	1840
2	Плавильне відділення	2	3720	1840
3	Формувально-складально-заливально-вибивальне відділення та відділення механічної обробки	2	3720	1840
4	Відділення підготовки формувальних матеріалів та сумішей	2	3720	1840
5	Відділення фінішних операцій	2	3720	1840
6	Відділення термообробки	3	5580	1840
7	Допоміжні відділення	2	3720	1840

3 ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ

Для розрахунку технологічних відділень цеху користуємося такими даними [2]:

– вид технологічного процесу;

– розрахований режим роботи цеху;

– виробнича програма;

– результати отриманих розрахунків і нормативні дані.

Виходячи з особливостей прийнятого технологічного процесу і умов забезпечення найкращої якості продукції обираємо тип технологічного устаткування, що буде використано в цеху.

В разі можливості необхідно застосувати устаткування одного типу, якщо є така можливість, оскільки це полегшує експлуатацію в роботі та заощаджує час на виробництво виливків при поломці машини.

В роботі ливарного цеху незамінною складовою є використання також і допоміжного устаткування, так як воно дуже сильно полегшує процес виробництва і забезпечує стабільну роботу основного устаткування. Також є доцільним використання транспортних засобів, які в свою чергу дають змогу зв’язати ланки технологічного відділення для безперервності процесу.

Розраховуємо технологічне відділення в такій послідовності:

– підбираємо устаткування для забезпечення технологічного процесу цеху

– складаємо планування для технологічного відділення

– виконуємо розрахунок кількості необхідного устаткування для цеху(основного та допоміжного)

– виконуємо розрахунок площі та компоновки відділення

Устаткування для литва, за моделями , що витоплюються та за литтям в разові піщано-глинясті форми обираються так, аби воно забезпечувало максимально злагоджене виробництво з періодичним втручанням людського фактору як допоміжного. До таких параметрів відносять: рівень автоматизації, коефіцієнт завантаження, однотипність устаткування, що використовується [3].

Технологічне відділення для цехів з серійним способом виробництва виконується згідно з рекомендаціями[2]. Схема цеху зображена на рис.3.1.

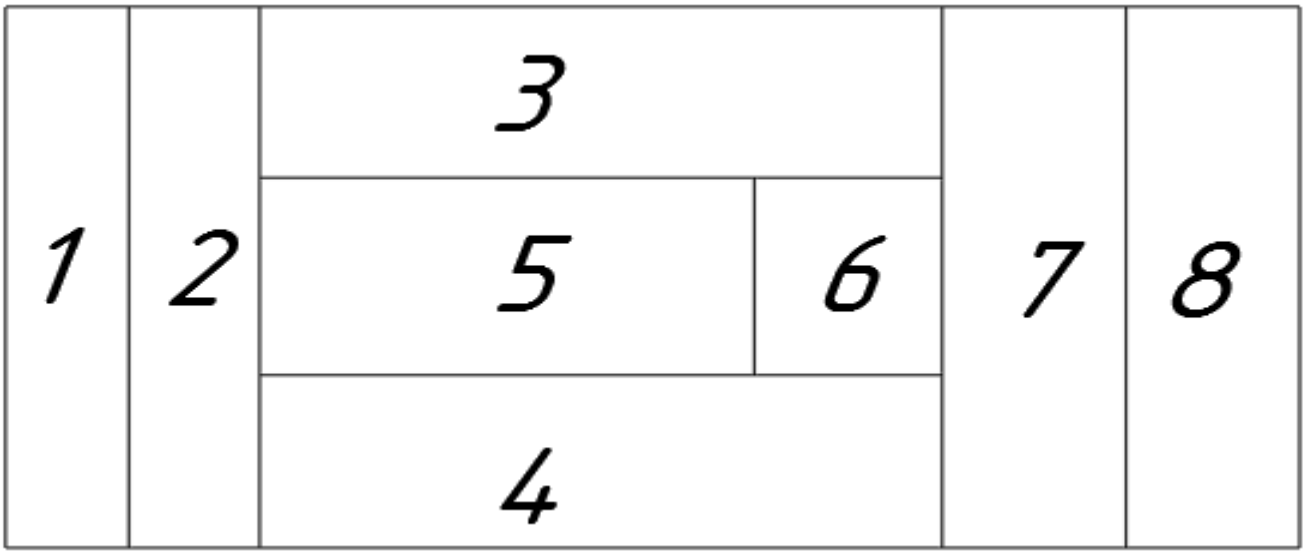

Рисунок 3.1. Схема компонування ливарного цеху

1 – плавильне відділення ; 2- склад шихтових матеріалів; 3 – відділення виготовлення виливків за моделями, що витоплюється; 4 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 5 – сумішоприготувальне відділення; 6– стрижневе відділення; 7 – відділення фінішних операцій; 8 – склад готової продукції.

Задля швидкого процесу використовуються вантажопотоки, які обираються таким чином, щоб транспорт рухався вільно, тобто без зайвих перешкод на своєму шляху, якими є насамперед перетин з колонами або один з одним[2].

3.1 Розрахунок плавильного відділення

Вихідними даними для розрахунку плавильного відділення є кількість металу кожної марки ливарних сплавів, необхідна для забезпечення виробничої програми. Для виплавляння сталі використовують електродугові печі, оскільки вони забезпечують можливість відносно швидкого одержання якісного металу і його видачу на місця заливання форм.

3.1.1 Баланс металу

Щоб визначити масу металозавалки потрібно знати масу придатного литва на рік, масу металу, витраченої на ливникові системи, витрати металу на брак, угар та безповоротні втрати [2] (табл. 3.1).

Відповідно до способів:

І спосіб(сплав АК12):

Безповоротні втрати та угар для даних сплавів - 3%.

Вихід придатного для алюмінієвих сплавів при литті за моделями, що витоплюються обираємо 95%. Ливники, зливи, брак складають 2 %. Баланс металу, що використовується наведено в таблиці 3.1.

ІІ спосіб(сплав СЧ20):

Безповоротні втрати та угар для даних сплавів - 5%.

Вихід придатного для чавуну знаходиться у межах 63-68 %. Приймаємо 68%. Ливники, зливи, брак складають 27 %. Баланс металу сплаву, що використовується наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Баланс металу

Номер способу	Марка сплаву	Придатне литво		Ливники, брак		Рідкий метал		Угар і б/в витрати		Металозавалка	
		%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	АК12	65	2000,03	32	984,63	97	2984,66	3	92,31	100	3076,97
2	СЧ20	72	5000,22	23	1597,29	95	6597,51	5	347,24	100	6944,75

3.1.2 Розрахунок необхідної кількості плавильних агрегатів

Розрахунок плавильних агрегатів здійснюється за визначеною необхідною кількістю рідкого металу для виконання річної програми випуску придатних виливків з урахуванням витрат(ливникові системи, брак) [2]:

Для лиття за моделями, що витоплюються:

1) годинна потреба у рідкому металі :

$$Q = B_р / Ф_д, \qquad (3.1)$$

де Q – кількість рідкого металу,т; $B_р$= 2984,66;

$Ф_д$ – дійсний фонд часу роботи плавильного відділення, год; $Ф_д$=3720 год.

Підставивши дані в формулу (3.1) отримаємо:

$$Q = 2984,66/ 3720 = 0,8 \text{ т/год}$$

2) мінімальна місткість печі:

$$G_{min}= 2,5\ Q\ , \qquad (3.2)$$

де G_{min} — мінімальна місткість печі, т;

Q — годинна потреба рідкого металу для забезпечення формувального відділення, т/год.

$$G_{min}= 2,5 * 0,8= 2 \text{ т}$$

3) виходячи з місткості, вибираємо ИАТ-0,4 місткістю 0,4 т, продуктивністю q = 0,3 т рідкого металу за годину. Тоді необхідна кількість печей[2] :

$$n = Q * K_н / q\ , \qquad (3.3)$$

де $К_н$ – коефіцієнт нерівномірності виготовлення і використання проміжної продукції. При серійному характері виробництва $К_н$ = 1,2–1,3.

$$n = 0,8 * 1,2 / 0,3 = 3,2$$

Приймаємо 4 печі для того щоб в разі поломки основної печі мати запасну піч і підтримувати безперервне виробництво, тоді коефіцієнт завантаження:

$$К_з = 3,2/ 4 = 0,8.$$

Тривалість циклу плавлення визначаємо по формулі:

$$\tau_{пл} = E / q , \qquad (3.4)$$

де Е – місткість печі, т.

$$\tau_{пл} = 0,4 / 0,3 = 1,33 \text{ год} .$$

На основі виконаних розрахунків складаємо відомість розрахунку плавильних печей (табл. 3.5).

Таблиця 3.2. Розрахунок електропечей

Дільниця, лінія	Маса металу, кг	Потрібна кількість рідкого металу	Тип печі	Місткість електропечі., т	Тривалість циклу плавлення, год	Середньогодинна продуктивність, т/год	Кількість печей		Коефіцієнт завантаження
							Розрахункова	Прийнята	
1	<3	2984,66	IAT-0,4	0,4	1,33	0,3	3,2	4	0,8
2	>3								

Для лиття в разові піщані форми:

1) годинна потреба у рідкому металі :

$$Q = В_р / Ф_д, \qquad (3.1)$$

де Q – кількість рідкого металу,т; $В_р$= 6597,51т;

$Ф_д$ – дійсний фонд часу роботи плавильного відділення, год; $Ф_д$=3720 год.

Підставивши дані в формулу (3.1) отримаємо:

$$Q = 6597,51/ 3720 = 1,87 \text{ т/год}$$

2) мінімальна місткість печі:

$$G_{min}= 2,5\ Q\ , \qquad (3.2)$$

де G_{min} — мінімальна місткість печі, т;

Q — годинна потреба рідкого металу для забезпечення формувального відділення, т/год.

$$G_{min}= 2,5 * 1,87= 4,68 \text{ т}$$

3) виходячи з місткості, вибираємо ИЧТ-2,5 місткістю 2,5 т, продуктивністю q = 0,67 т рідкого металу за годину. Тоді необхідна кількість печей[2] :

$$n = Q * K_н / q\ , \qquad (3.3)$$

де $К_н$ – коефіцієнт нерівномірності виготовлення і використання проміжної продукції. При серійному характері виробництва $К_н$ = 1,2–1,3.

$$n = 1,87 * 1,2 / 0,67 = 3,35$$

Приймаємо 4 печі для того щоб в разі поломки основної печі мати запасну піч і підтримувати безперервне виробництво, тоді коефіцієнт завантаження:

$$К_з = 3,35/ 4 = 0,84.$$

Тривалість циклу плавлення визначаємо по формулі:

$$\tau_{пл} = E / q , \quad (3.4)$$

де Е – місткість печі, т.

$$\tau_{пл} = 2,5 / 0,67 = 3,74 \text{ год} .$$

На основі виконаних розрахунків складаємо відомість розрахунку плавильних печей (табл. 3.5).

Таблиця 3.2. Розрахунок електропечей

Дільниця, лінія	Маса металу, кг	Потрібна кількість рідкого металу	Тип печі	Місткість електропечі., т	Тривалість циклу плавлення, год	Середньогодинна продуктивність, т/год	Кількість печей		Коефіцієнт завантаження
							Розрахункова	Прийнята	
1	<3	6597,51	ІЧТ-2.5	2,5	3,74	0,67	3,35	4	0,84
2	>3								

3.1.3 Витрати шихтових матеріалів

Основними компонентами шихти є[2]:

- сталевий брухт
- зворот власного виробництва
- феросплави;
- розкислювачі.

Саме ці матеріали слугують для майбутнього якісного сплаву , що буде використаний для виготовлення виливків в цілому. Правильно обраний склад шихтових матеріалів дає змогу одержати сплав з заданими властивостями при мінімальній собівартості металу.

Склад шихти ливарного відділення наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Відомість витрат шихтових матеріалів для І способу

Інд.поз.	Найменування матеріалів шихти	Сплав	
		АК12	
		%	т
1	Чушки А0	25	500.0075
2	Чушки АК12	56	1120.009
3	ЗВВ	19	380,0013
	сума	100	2000.03

Таблиця 3.4 – Відомість витрат шихтових матеріалів для ІІ способу

Інд.поз.	Найменування матеріалів шихти	Сплав	
		СЧ20	
		%	т
1	Сталевий брухт	10	500,02
2	Чушковий чавун	58	2900,1
3	Зворот власного виробництва	30	1500,1
4	Феромарганець	0,9	50,002
5	Феросиліцій	1,0	50,002
	сума	100	5000,2

3.1.4 Парк ковшів і ковшова дільниця

Під час роботи з печами в плавильному відділенні необхідно щоб ковші приймали увесь метал одноразово в свою чергу. Згідно цим умовам, використовуємо стопорні роздавальні ковші, що мають місткість 1,5 т. Під час розрахунку необхідно враховувати метал для кожної марки сплаву та для способу виготовлення. Сумарна потреба наведена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 Розрахована кількість ковшів

Тип ковша	Місткість, т	Денна маса витрат металу за, т	Кількість циклів/год	Кількість ковшів	
				розрахункова	прийнята
Роздавальний	1,5	-	-	8	8
Заливальний	0,25	14,170	10	10	10

3.2 Розрахунок формувально-складально-заливально-вибивального відділення

В даному відділенні виконуються такі операції як формування,складання, заливання та вибивання виливку з форми. Дане відділення цеху розраховане спеціально для методу лиття в разові піщано-глинясті форми по-сирому. Саме відділення включає в себе одну дільницю – лінії безопочної формовки моделі КЛ2002.

Дільниця розташована в прогоні, що має ширину 24 метра. Формовка відбувається на автоматичних лініях. Дані лінії дають змогу виконати такі операції як формування, встановлення стрижнів у форми та передавання форм під заливку. Потім на конвеєрі відбувається заливання та охолодження отриманих форм, за допомогою вибивною гратки відбувається вибивання виливків із форм. Необхідна кількість форм наведена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.6 Визначення річної кількості форм

індекс	код деталі	найменування виробів та виливків	марка сплаву	Кількість деталей за рік, шт	Маса виливка		розміри опок	виливків у формі, шт	Маса виливкыв у формі, кг	Форм за рік, шт	Обєм, м3	
					одного, кг	на річну програ-му,т					Однієї	На річну програму
1	ФЛ9112	Ролик	СЧ20	48440	2,25	109,0	600х450х200/200	4	9	12110	0,108	1308
2	ФЛ9113	Педаль 2	СЧ20	12110	3,5	42,4		1	3,5	12110	0,108	1308
3	ФЛ9114	Корпус опори	СЧ20	24220	10,00	242,2		2	20	12110	0,108	1308
4	ФЛ9115	Важіль	СЧ20	48440	5,60	271,3		4	22,4	12110	0,108	1308
5	ФЛ9116	Рукоятка	СЧ20	24220	6,1	147,7		2	12,2	12110	0,108	1308
6	ФЛ9117	Фланець	СЧ20	36330	15,20	552,2		3	45,6	12110	0,108	1308
7	ФЛ9118	Кронштейн	СЧ20	36330	24,5	937,3		3	73,5	12110	0,108	1308
8	ФЛ9119	Водило праве	СЧ20	24220	24,7	702,4		2	49,4	12110	0,108	1308
9	ФЛ9120	Кільце	СЧ20	24220	12,50	302,8		2	25	12110	0,108	1308
10	ФЛ9121	Опора	СЧ20	72660	23,3	1693,0		6	140	12110	0,108	1308
Всього						5000,2				121100		13079

Потребу у кількості формувальних ліній потокової лінії для формувального відділення визначаємо за формулою[4]:

$$P = N_ф / (К_б \cdot q \cdot Ф_д), \quad (3.5)$$

де $N_ф$ – річна кількість форм у потоці, шт.;

$К_б$ – коефіцієнт браку форм і виливків, $К_б$ = 0,94...0,96;

q – циклова продуктивність лінії, форм/год.;

P – потрібна кількість ліній, шт.

Для потокової лінії №1 кількість ліній розраховуємо за формулою 3.5:

$$P = 121100 / (0,95 \cdot 220 \cdot 3720) = 0,16 \text{ шт.}$$

Приймаємо одну автоматичну ливарну лінію моделі безопочної формовки. Технічна характеристика лінії моделі КЛ220[4]:

Габаритні розміри брикетів, мм	600×450
Висота форми в стопці, мм	180…300
Металоємність форми, кг	10...25
Продуктивність, форм/год	220
Тиск пресування, МПа (кгс/см2)	4(40)
Потужність, кВт	138,6
Габаритні розміри, мм	39150×5785×5540
Маса, т	57

3.3 Розрахунок стрижневого відділення

Так як у нас відсутня технологічна документація, то об'єм виробництва та орієнтовну кількість стрижнів в номенклатурі ливарного цеху визначимо за нормативними даними розрахункової кількості стрижнів, що припадає на одну тонну придатних виливків.

В якості устаткування для стрижнів обираємо комплекс устаткування, що призначений для вироблення стрижнів з ХТС на стрижневій лінії ЛП046. Відомість щодо стрижнів наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.7 – Розрахункова відомість стрижневого відділення

індекс	найменування виливка та виливків	маса виливка	кількість деталей на рік	Кількість стрижнів		Маса стрижнів		Довжина	Ширина	Висота	Програма та устаткування		
				На деталь	На річну програму, шт	Одного, кг	з урахуванням браку, т				Стрижнів у ящику	Зйомів на річну програму	Тип та модель устаткування
1	Ролик	2,25	48440	1	48440	0,1	6,26	30	25	40	2	24220	ЛП046
2	Педаль 2	3,5	12110	1	12110	0,4	4,87	35	46	58	4	3028	
3	Корпус опори	10.00	24220	1	24220	1,4	33,80	54	42	43	2	12110	
4	Важіль	5,60	48440	1	48440	0,6	30,59	66	60	37	2	24220	
5	Рукоятка	6,1	24220	1	24220	1,5	35,48	72	80	59	2	12110	
6	Фланець	15,20	36330	1	36330	0,9	32,88	60	70	50	2	18165	
7	Кронштейн	24,5	36330	1	36330	2,0	73,28	90	80	65	2	18165	
8	Водило праве	24,7	24220	1	24220	1,0	23,19	89	48	52	4	6055	
9	Кільце	12,50	24220	1	24220	1,0	24,26	40	35	50	4	6055	
10	Опора	23,3	72660	1	72660	1,0	73,28	60	60	65	4	18165	
Всього		133,25	351190									142293	

Кількість ліній визначаємо за формулою[4]:

$$M = (N \cdot К_н)/((Т_д - t) \cdot д), \quad (3.5)$$

де М – кількість ліній, шт.;

N – річна кількість стрижнів, шт.;

$Т_д$ – дійсний річний фонд часу роботи установки, год;

д – продуктивність, т/год;

t – час затрачений на переналадку оснащення, год. Тоді кількість ліній моделі ЛП046:

$$M = (142293 \cdot 1,1) / ((3720-80) \cdot 90) = 0,53$$

Приймаємо 1 лінію. Коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$Кз = 0,53 / 1 = 0,53$$

За допомогою стрижневої автоматичної лінії можна виконати такі операції як:

- приготування холодно-тверднуючої суміші;
- наповнення стрижневих ящиків сумішшю;
- заглажування поверхні стрижневих ящиків;
- встановлення плити зверху стрижневого ящика перед кантуванням;
- операція кантування стрижневого ящику;
- вилучення стрижня;
- фарбування стрижня.

Технічна характеристика лінії моделі ЛП046[4]:

Габаритні розміри ящика, мм	630×500×300
Продуктивність, зйомів /год	90
Маса стрижнів, кг	16
Потужність, кВт	40
Габаритні розміри, мм	20720×4260
Маса, т	39,3

3.4 Розрахунок сумішоприготувального відділення

Для виготовлення виливків за допомогою методу лиття в разові піщано-глинясті форми необхідно обрати формувальну суміш з потрібним складом, адже це є одним із найважливіших факторів одержання виливків з заданими властивостями.

При виробництві використовуємо формувальну суміш наступного складу[4]:

- оборотна суміш - 89,92%;
- кварцовий пісок - 7%;
- бентоніт - 3%;
- крохмальні добавки - 0,08 %.

При розрахунку формувального та стрижневого відділення визначають загальні витрати суміші, які використовуються при виготовленні форм та стрижнів, на основі об'єму та кількості форм, які були виготовленні протягом року. Даний розрахунок виконується для всієї номенклатури цеху, з відрахуванням об'єму, що зайнятий виливками з ливниковою системою та стрижнями всередині.

Необхідну кількість суміші для форм та стрижнів розраховуємо для кожної масової групи. Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.7. В якості устаткування для приготування суміші використовуємо коткові змішувачі.

Таблиця 3.8 – Витрати формувальної і стрижневої суміші

Внутрішні розміри опок,мм	Випуск виливків, т/рік	Розрахована кількість форм на рік	Об'єм однієї форми, $м^3$	Розрахований о'бєм, $м^3$				Розраховані витрати єдиної суміші, т/рік
				Усіх форм	У тому числі			
					металу	стрижнів	суміші	
600x450x200/200	5000	121100	0,108	13079	523.16	653,95	11901,89	19618.5

Розраховуємо необхідну кількість змішувачів[5]:

$$З = (В_р * К_н)/(Ф_д * q) \quad (3.6)$$

де $В_р$ – кількість формувальної суміші на річну програму, м3;

$К_н$ – коефіцієнт нерівномірності, для сумішоприготувального відділення приймаємо $К_н = 1,2$.

q – продуктивність змішувача, $м^3$/год.

$$З = 18211 \cdot 1,2 / 3720 \cdot 44 = 0,15.$$

Приймаємо 1 змішувач. Коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$К_з = 0,15 / 1 = 0,15$$

Обираємо змішувач моделі 15108, технічні характеристики якого описані в таблиці 3. 8.

За допомогою пневмотранспорту сухі формувальні матеріали транспортують в сумішоприготувальне відділення зі складу.

Над змішувачами встановлено однакові комплекти бункерів зі стрічковими дозаторами для оборотної суміші, інші компоненти дозуються відносно їхньої маси.

Таблиця 3.9 – Технічна характеристика змішувача періодичної дії моделі 15108.

Індекс позиції	Найменування параметра	Значення
1	Продуктивність, $м^3$/год.	44
2	Тривалість перемішування, хв.	5
3	Діаметр чаші, мм	3024
4	Потужність, кВт	75

За допомогою стрічкових конвеєрів готова формувальна суміш періодично та рівномірно забирається, ширина стрічки становить 1000мм.

Стрижнева суміш має наступний склад[5]:

- кварцевий пісок 98 %;
- КФ-90 - 1,4…2,35 %;
- затверджувач (КЧ-41) 0,25-0,5 %

3.5 Розрахунок відділення лиття за моделями, що витоплюються

Лиття за витоплюваними моделями – це спосіб, що застосовується для вироблення виробів з різних ливарних сплавів, що мають масу від кількох грамів до десятків кілограм, які мають товщину стінки від 1 мм.

Здебільш всього даний спосіб застосовують для виготовлення сталевих виливків складної геометрії масою до 5 кг та з затратою часу на мехічну обробку.

Цей спосіб єдиний, який використовують для виготовлення точних виливків з важкооброблюваних жароміцних та жаростійких сплавів[4].

Ефективним є спосіб також тоді, коли можна виготовити деталі для цілого вузлу машини, який до цього виготовляли за допомогою зварювання чи скріпленняс з декількох деталей. Значною перевагою даного способу є особливість, яка дозволяє не використовувати стрижні.

Якщо правильно обрати номенклатуру для даного способу, то можна замінити однією тонною литих заготовок дві тонни металопрокату і зекономити при цьому до 1000 верстато-годин унаслідок зменшення обсягу механічного оброблення[4].

Даний спосіб набув поширення завдяки тому, що при відносно дешевій вартості виготовлення виливків він є дуже таки популярним для вироблення дрібних виливків, оскільки дає змогу дуже точно повторити конфігурацію виливків і забезпечує мінімальні встрати при їх виготовленні.

Вихідними даними для проектування цехів лиття під тиском є виробнича програма, кресленики і технічні умови на литі деталі. На підставі цих даних складають відомість обсягів виробництва, що відтворена в таблиці 3.9.

Таблиця 3.10 Вихідіні технологічні дані для цехів лиття за витоплюваними моделями

Індекс позиції	Найменування деталі	Маса виливка,кг(А)	Програма		Кількість моделей у ланці(В)	Кількість ланок у блоці(Г)	Кількість модельних ланок(моделей) на програму	Кількість блоків на програму(Д)	Маса модельного складу,кг		
			шт, (Б)	кг					на 1 модель(Е)	на 1 блок(Ж)	на програму
1	Педаль	2,80	27086	75840.80	2	4	13543	6771.5	0,346	5,26	35644.8
2	Фланець важеля	0,92	54172	49838.24	2	4	27086	13543	0,114	4,33	58705,2
3	Шестерня	2,40	162516	390038.40	2	2	81258	81258	0,297	4,47	363477
4	Штуцер	1,40	54172	75840.80	2	4	27086	13543	0,173	4,57	61918,3
5	Стакан	2,4	54172	130012.80	2	3	27086	18057.3	0,297	4,77	86127,7
6	Диск 1	1,3	108344	140847.20	2	3	54172	36114.7	0,161	4,36	157529
7	Коробка	2,60	54172	140847.20	2	3	27086	18057.3	0,321	4,84	87466,5
8	Кришка 1	3,20	81258	260025.60	2	3	40629	27086	0,395	5,07	137224
9	Водило 1	3,20	108344	346700.80	2	2	54172	54172	0,395	4,67	253028
10	Водило 2	3,6	54172	195019.20	2	4	27086	13543	0,445	5,66	76644,8
11	Супорт 2	3,60	54172	195019.20	2	4	27086	13543	0,445	5,66	76644,8
	Усього		812580	2000030.2							1394410

Після того як визначено коефіцієнти технологічних утрат, складаємо дані про зведену відомість обсягу даного виробництва задля розрахунку устаткування, що є основним. Розрахована відомість зображена в таблиці 3.9.

В структуру цеха включені такі виробничі відділення та дільниці як модельне відділення[5]:

1) приготування модельної маси;

2) запресовування її у прес-форми;

3) охолодження прес-форми разом з моделлю (моделями);

4) видалення моделі (моделей) із прес-форми;

5) виготовлення елементів ливникових систем;

6) виготовлення модельних блоків і передавання їх на дільницю виготовлення оболонок.

Таблиця 3.11. Відомість обсягів виробництва для цехів лиття за витоплюваними моделями

Індекс позиції	Група виливків за масою	Номенклатура виливків,шт.	Програма		Кількість на програму		Маса модельного складу на програму , кг(Д)	Кількість на програму з урахуванням утрат		Маса на програму з урахуванням утрат, кг		Кількість на програму з урахуванням утрат			Маса на програму з урахуванням утрат, кг	
			шт.(А)	кг(Б)	модельних ланок (моделей) (В)	блоків (Г)		модельних ланок(моделей)	модельних блоків(Е)	Модельного складу	суспензії	оболонок	блоків виливків(Ж)	виливків	виливків(І)	металозавалки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	<3 кг	Педаль	27086	75840,8	13543	6771,5	35644,83	28846,59	9615,53	50615.7	1000	8125,8	7854,94	29794,6	83424,88	21052900
2	<3 кг	Фланець важеля	54172	49838,24	27086	13543	58705,2	57693,18	19231,06	83361.4	1000	16251,6	15709,9	59589,2	54822,064	
3	<3 кг	Шестерня	162516	390038,4	81258	81258	363476,9	230772,72	115386.36	516137	1000	97509,6	94259,3	178767,6	429042,24	
4	<3 кг	Штуцер	54172	75840,8	27086	13543	61918,25	57693,18	19231,06	87923.9	1000	16251,6	15709,9	59589,2	83424,88	
5	<3 кг	Стакан	54172	130012,8	27086	18057,33	86127,73	64103,533	25641,4133	122301	1000	21668.8	20946,5	59589,2	143014,08	
6	<3 кг	Диск 1	108344	140847,2	54172	36114,67	157529	128207,07	51282,8267	223691	1000	43337,6	41893	119178,4	154931,92	
7	<3 кг	Коробка	54172	140847,2	27086	18057,33	87466,5	64103,533	25641,4133	124202	1000	21668,8	20946,5	59589,2	154931,92	
8	>3 кг	Кришка 1	81258	260025,6	40629	27086	137224,2	96155,3	38462,12	194858	1000	32503,2	31419,8	89383,8	286028,16	
9	>3 кг	Водило 1	108344	346700,8	54172	54172	253028,1	153848,48	76924,24	359300	1000	65006,4	62839,5	119178,4	381370,88	
10	>3 кг	Водило 2	54172	195019,2	27086	13543	76644,75	57693,18	19231,06	108836	1000	16251,6	15709,9	59589,2	214521,12	
11	>3 кг	Супорт 2	54172	195019,2	27086	13543	76644,75	57693,18	19231,06	108836	1000	16251,6	15709,9	59589,2	214521,12	

Відділення для виготовлення оболонкових форм[5]:

1) приготування компонентів для вогнетривкого покриття;

2) виготовлення вогнетривкого покриття;

3) покриття суспензією модельних блоків;

4) сушіння покриття;

5) видалення стояків;

6) витоплення модельної маси з оболонок.

В якості устаткування, що розраховується та проектується обрано автоматичну лінію для лиття за моделями, що витоплюються моделі 668[5]. Дана лінія призначена для нанесення на модельні блоки і повітряного сушіння 3–6 шарів вогнетривкого покриття, приготованого на основі етилсилікату, і виплавлення із цих блоків модельного складу. Технічні характеристики даного устаткування наведено у таблиці 3.10[5].

Таблиця 3.12. Технічні характеристики лінії для виготовлення керамічних блоків моделі 668

Найбільші розміри блока,мм:	довжина	діаметр за кроку підвісок 320 мм	Продуктивність циклова, блоків за годину, за кроку підвісок на конвеєрі,мм	Маса модельного блока з керамічною формою,кг	Час сушіння одного шару покриття, хв	Час виплавлення модельного складу,мм	Температура виплавлення модельного складу у воді, °С	Швидкість руху конвеєра, м/с	Витрати:	пари(за температури 100 °С), кг/с	стиснутого повітря, м3/с	води охолоджувальної,м3/с	гарячої води, м3/с	Установлена потужність, кВт	Габаритні розміри,мм:	довжина	ширина	висота	Маса лінії, кг
	500	250	50	6,5	130	15	85…95	0,03		0,089	0,054	0,007	0,056	14,4		15750	9050	5060	46800

Устаткування повною мірою задовольняє потреби в виготовленні виливків на необхідну кількість металу, що зазначена програмою виробництва виливків.

Модельна дільниця відділення призначена для виготовлення блоків моделей з ливниковою системою, яка виготовляється згідно заданого способу литва

за допомогою модельної суміші складу Р-3, який містить в собі церозін, віск та парафін. Річна потреба в моделях та зйомах форми наведено в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 Річна потреба в зйомах форми

індекс	код деталі	найменування деталі	Кількість виливків на робочу програму	Кількість моделі у пресформі, шт	Кількість зйомів	Кількість зйомів з урахуванням браків
1	ФЛ.9101	Педаль	27086	2	13543	14897
2	ФЛ.9102	Фланець важеля	54172	1	54172	59589
3	ФЛ.9103	Шестерня	162516	6	27086	29795
4	ФЛ.9104	Штуцер	54172	6	9029	9932
5	ФЛ.9105	Стакан	54172	4	13543	14897
6	ФЛ.9106	Диск 1	108344	6	18057	19863
7	ФЛ.9107	Коробка	54172	6	9029	9932
8	ФЛ.9108	Кришка 1	81258	6	13543	14897
9	ФЛ.9109	Водило 1	108344	4	27086	29795
10	ФЛ.9110	Водило 2	54172	4	13543	14897
11	ФЛ.9111	Супорт 2	54172	6	9029	9932
Всього						228425

Річну потребу модельної композиції розраховуємо за наступною формулою[4]:

$$Mc= 1,05*1,1*1,2*Q_p*(Yc/Ym), \quad (3.7)$$

де 1,05; 1,1; 1,2 – коефіцієнти, що враховують витрати суміші, брак та поломки, а також коефіцієнт запасу відповідно;

Q_p – маса рідкого металу, необхідного для виконання річної програми, кг;

Y_c – густина модельної суміші і рідкого металу відповідно, г/см3;

Y_m=0,925 г/см3, $Y_{ст}$ =7,9 г/см3.

$$Mc= 1,05*1,1*1,2*2984660*(925/7900)= 80727 \text{ кг}$$

Кількість устаткування розраховуємо за формулою[5]:

$$N=(M_c*K_H)/(Ф_д*q), \quad (3.8)$$

де M_c – річна потреба в модельній суміші, кг;

q – продуктивність, л/год.;

$Ф_д$ – дійсний фонд часу, год.

$$N=(80727 *1,2)/(3720*30)=0,82$$

Приймаємо 1 установку для приготування модельної композиції моделі 651.

Установка для запресовування модельного складу до прес-форми розраховується за наступною формулою[5]:

$$N=(N_{зап}*K_н)/(Ф_д*q),$$

де $N_{зап}$ – кількість запресовувань на рік;

q – продуктивність, запресовувань/год;

$Ф_д$ – дійсний фонд часу, год.

$$N=(228425*1,2)/(3720*250)= 0,29$$

Згідно розрахунків, приймаємо одну установку моделі 653 для запресовування модельної суміші.

3.6 Розрахунок відділення фінішних операцій

Відділення фінішних операцій призначено для таких маніпуляцій над виливками як:

- видалення стрижнів із виливків;
- відокремлення ливникової системи та надливів від виливка;
- очищення виливка від суміші;
- обрубка та зачищення;
- термообробка;

Кожній групі виливків призначаємо необхідні технологічні потоки для обробки в відділенні фінішних операцій.

Видалення стрижнів із виливку відбувається в такому устаткуванні як дробометний барабан безперервної дії. Кількість даного устаткування розраховуємо за наступною формулою[6]:

$$n = (Q \cdot К_н)/(Ф_д \cdot q), \quad (3.9)$$

де n – розрахункова кількість устаткування, шт.;

Q – потужність технологічного потоку, т;

$К_н$ – коефіцієнт нерівномірності виробництва та використання проміжної продукції;

$Ф_д$ - дійсний річний фонд часу роботи устаткування, год;

q - продуктивність устаткування, т/год.

Підставивши дані у формулу отримаємо:

Для виливків виготовлених литтям в разові піщано-глинясті форми:

$$n = (5000 \cdot 1{,}1)/(3720 \cdot 3) = 0{,}55.$$

$$К_з = 0,55/1= 0,55$$

За розрахунками отримуємо 1 дробометний барабани безперервної дії моделі 42223М, що має продуктивність 5 т/год, приймаємо 2 барабани, для заміни в разі поломки основно.

Зачищення виливків робиться шліфувальних кругів, кількість яких становить:

Для лиття за моделями, що витоплюють:

$$n = (2000 \cdot 1,1)/(3720 \cdot 1,8) = 0,36.$$

Коефіцієнт завантаження становить:

$$Кз =0,34/1= 0,34.$$

Для лиття в разові піщані форми:

$$n = (5000 \cdot 1,1)/(3720 \cdot 1,8) = 0,91.$$

Коефіцієнт завантаження становить:

$$Кз =0,91/1= 0,91.$$

Згідно розрахунку отримуємо необхідність 1 стаціонарного шліфувального круга для кожного із способів.

Для чавуну СЧ20 та алюмінію АК12 передбачена термічна обробка виливків. Для старіння та відпалу виливків виливків застосовуємо термічні камерні печі з висувним подом з одночасним навантаженням 3 т , $S_{пода} = 18,9$ м².

Розрахунок однотипних термічних печей ведеться за формулою:

$$n = (Q \cdot К_н)/(Ф_д \cdot Р) , \quad (3.10)$$

де n – кількість однотипних печей;

Q – маса виливків на річну програму, т;

$К_н$ – коефіцієнт нерівномірності для термічних печей Кн = 1,1

Р – продуктивність печі, т/год.

Продуктивність термічних печей періодичної дії обчислюється за формулою:

$$P = m / t , \quad (3.11)$$

де m – садка печі, т;

t – тривалість циклу термооброблення виливків, год.

Підставимо значення в формулу:

$$P = 5 / 15 = 0,33$$

Кількість печей становить:

$$n = (2000 \cdot 1,1) / (5580 \cdot 0,33) = 1,2$$

Приймаємо 2 термічні печі з виїзним подом моделі СДО-4.6.3/11для кожного із способів.

Коефіцієнт завантаження становить:

$$К_з = 1,2/2= 0,6$$

Після термообки виливки відправляються на очищення від окалини та залишків ливників в дробометному барабані моделі 42223М.

В відділенні фінішних операцій виконуються такі операції: обдувка виливків стиснутим повітрям , мийка виливків, сушіння виливків перед ґрунтуванням, ґрунтування виливків та відповідно сушка після ґрунтування. Для цього використовується таке обладнання: машина для мийки, прохідна ґрунтувальна камера та сушильна камера.

Технічна характеристика камерної печі з виїзним подом моделі СДО-4.6.3/11:

Маса садки,кг	5000
Розміри робочого простору, мм	400×600×300
Габаритні розміри, мм	1300×1200×1800
Маса, т	15,1
Потужність, кВт	20

4 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА «ФЛАНЕЦЬ ВАЖЕЛЯ»

4.1 Конструкція деталі

Майбутня деталь повинна мати надійну конструкцію для надійної експлуатації її в роботі, враховуючи оброблення перед застосуванням безпосередньо на машинах, відповідно повинна бути врахована точність необхідної маси та конфігурації моделі, згідно технології виготовлення, що передбачає зручне оброблення після вибивання

Деталь «Фланець важеля» має наступні габаритні розміри:

- довжина 124 мм;
- ширина 124 мм;
- висота 46 мм;
- маса деталі 0,92 кг;

Завдання дипломної роботи представляє собою розроблення технології виробництва виливка за кресленням «Фланець важеля». В залежності від маси деталі (0,92 кг) відносимо виливок за масою до 1-ї групи - дрібні(до 100 кг).

Дана деталь виготовляється з матеріалу АК12 масова частка компонентів якої наведена у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Масова частка компонентів сталь АК12 ДСТУ 2839-94

Марка сплаву	Хімічний склад,%							
	Al	Si	Cu	Mn	Zr	Ti	Mg	Zn
АК12	85,3…88,3	10…13	0,6	0,5	0.1	0,1	0,1	0,3

4.2 Визначення припусків на механічне оброблення

Величину припусків на механічну обробку призначаємо у відповідності до вимог ДСТУ 8981:2020.

Таблиця 4.2 – Припуски на механічну обробку поверхонь виливка

Номер характеристики	Характеристика	Значення							
1	Тип сплаву	АК12							
2	Найбільший габаритний розмір,мм	124							
3	Клас розмірної точності відливки	7т							
4	Ступінь жолоблення	5							
5	Ступінь точності поверхні	7							
6	Клас точності маси відливки	7							
7	Ряд припусків без МО	4							
8	Шорсткість поверхні,Ra	12,5	6,3	6,3	6,3	6,3	3,2	3,2	3,2
9	Номінальний розмір,мм	65	124	68	46	7	61	58	50
10	Мінімальний допуск номінального розміру відливки	0,9	1,0	0,9	0,8	0,5	0,8	0,8	0,8
11	Допуск форми і розташування поверхонь відливок	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
12	Вид кінцевої обробки	Чорнова							
13	Мінімальний загальний допуск елемента відливки,мм	1,1	1,2	1,1	1,1	0,8	1,1	1,1	1,1
14	Общий припуск на МО	1,8	1,9	1,8	1,8	1,4	1,8	1,8	1,8

Використання лиття за моделями, що витоплюються дає змогу виготовити виливок «Фланець важеля» масою 0,92 кг без використання стрижня. Прес-форма виготовлена з матеріалу АК7.

Точність виливка 7т-5-7-7 ДСТУ 8981:2020.

4.3 Аналіз способу виробництва деталі

Виходячи з таких факторів:

- обране устаткування ливарного цеху;
- конструкція деталі;
- необхідна геометрична точність;
- шорсткість поверхні;

та опираючись на індивідуальне завдання, використовуємо спосіб литва, за моделями, що витоплюються. Даний спосіб дає змогу з високою точністю

повторювати конфігурацію виливка, габаритні розміри виливка та товщину стінок виливка, має відносно просту технологію формоутворення. Щодо недоліків, то це спосіб є не самим дешевим (витрати на суміш та електроенергію при сушінні) і іноді після плавки можна виявити специфічні дефекти.

При виробництві будуть використовуватись контейнери, які в процесі наповнюються піском за допомогою машини, також автоматизовано і процеси перемішування , додавання суспензії та вилучення моделі.

4.4 Визначення кількості виливків у формі

Враховуючи дані про серійність виробництва , обираємо найоптимальніше розташування виливків , задля прискорення процесу і економії витрат матеріалу при створенні блоку моделей. При створенні прес-форми встановлюємо 2 моделі, які за допомогою колектора та живильників припаюються до стояка.

4.5 Розрахунок ливникової системи

Ливникова система литва за моделями ,що витоплюються складається з таких пристосувань як стояк та живильники , через які метал заповнює порожнину прес-форми. Основними завданнями ливникової системи є забезпечення металом форми , плавне протікання сплаву і якісне проливання по всьому контуру майбутнього виливка. Зокрема даний механізм повинен сприяти тому, щоб шлак , який міститься в сплаві затримувався під час свого руху по стояку і живильнику , а також запобігти руйнуванню керамічної прес-форми.

Враховуючи габаритні розміри виливка та його вагу , обираємо систему з центральним стояком, що дає нам направлену кристалізацію розплаву. До стояку, який в даному способі виконує функції і надливу, під’єднуються виливки за допомогою живильників. Кількість виливків в одній прес-формі складає 16 штук, розташовані у вигляді «ялинки» в 4 яруси по 4 виливка.

Схема модельного блоку ливникової системи зображена на рисунку 4.1.

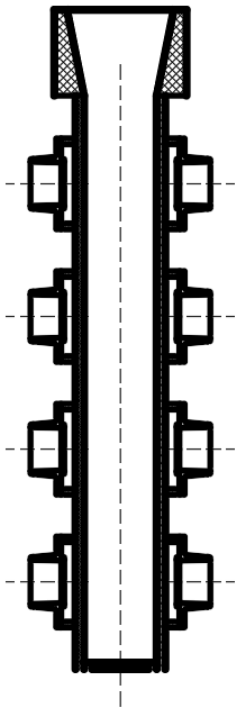

Рисунок 4.3. Схема блоку ливникової системи

Обираємо ливникову систему І типу із центральним стояком [6]. Починаємо з розрахунку модуля теплового вузла (відношення площі виливка до периметру, який контактує з живильником). , розміри якого складають:

– довжина 124 мм;

– ширина 124 мм;

– товщина стінки 46 мм.

При розрахунках враховуємо отвори в площині теплового вузла.

Розрахунок приведеної товщини виливка R_y проводимо за наступною формулою [7]:

$$R_y = \frac{V_y}{S_y} \quad , \qquad (4.1)$$

де V_y – об'єм теплового вузла виливка, мм^2;

S_y – площа теплового вузла виливка, мм^2.

Оскільки формою теплового є круглий торець , то підставивши значення в формулу (4.1) отримаємо:

$$R_y = \frac{(124^2\pi - 58^2\pi - 9^2\pi)*7 + (30{,}5^2\pi - 25^2\pi)*2 + (34^2\pi - 30{,}5^2\pi)*2}{124^2\pi - 58^2\pi} = 6{,}63 \text{ мм}$$

Приймаємо довжину живильника lж = 8 мм згідно з рекомендаціями [7]. Опираючись на літературу[6] , маємо діаметр стояка становить $d_{ст}$ = 45 мм ,а товщина живильника a_1= 8.

Знаходимо приведену товщину стояка за наступною формулою [7]:

$$R_c = \frac{F_c}{P_c}, \quad (4.2)$$

де F_c – площа перетину стояка, мм^2;

P_c – периметр перетину стояка, мм.

Підставивши дані в формулу, отримаємо:

$$R_c = \frac{\frac{\pi \cdot d_c^2}{4}}{\pi \cdot d_c} = 11{,}25 \text{ мм}$$

Приведену товщину знаходиться за наступною формулою [7]:

$$R_ж = k\sqrt[4]{R_y^3 \cdot G_в} \cdot \sqrt[3]{l_ж} / R_c, \quad (4.3)$$

де k – коефіцієнт пропорційності. k=11;

Gв – вага виливка , кг;

Обчисливши формулу (4.3), отримаємо:

$$R_ж = 11\sqrt[4]{291{,}43 \cdot 0{,}92} \cdot \sqrt[3]{8} / 11{,}25 = 4{,}25$$

Принявши циліндричний переріз живильника товщиною $a_ж$= 8 мм, знайдемо ширину живильника $b_ж$ [7]:

$$R_ж = \frac{b_ж}{4} \quad (4.4)$$

За формулою (4.4) визначаємо ширину живильника:

$$b_ж = 4{,}25 \cdot 4 = 17 \text{ мм}$$

Згідно умови $R_{ст} > R_{ж} > R_{у}$, яка виконується ,виходячи з виконаних розрахунків, виливок буде мати якісне проливання по всій своїй структурі.

4.6 Опис технологічного процесу

4.6.1 Вибір модельної композиції

Для модельної композиції обрано наступний композит - Сплав Р-3 ДСТУ 4153-2003 (ISO 2207:1980) .Склад обраного сплаву [8]:

1) синтетичний церозін;
2) гірський віск;
3) парафін;
4) кубічний залишок термічного крекінга парафіну.

Температура плавлення модельної композиції повинна бути невисокою, а саме в інтервалі 60-100 °С. Це дає змогу полегшити виготовлення моделей та подальшого їх видалення. Проте температура для початку розмукшення складу повинна бути не менше 32-35 °С, тобто приблизно на 10 °С більше температури приміщення, в якому відбувається процес. Також даний склад має гарну рідкотекучість в розплавленому стані для налагодженого виготовлення моделей, а саме точного відтворення форми моделі.

4.6.2 Виготовлення моделі з модельної композиції

Виготовлення моделі проводять в такій послідовності:

1) Розплавити композицію до необхідної температури , що в нашому випадку складає 80…85 ˚С;

2) Подати до водяної сорочки воду та охолодити суміш приблизно на 20…25 ˚С;

3) Суміш перекачати по спеціальному шлангу з електричним підігрівачем до шприц-машини і водночас привести в роботу механізм для перемішування.

Модель в свою чергу виготовляється наступним чином:

– перевіряють цілісність прес-форми, при необхідності відправляють на ремонт;

– заздалегідь виготовлену прес-форму очищають та промивають від попереднього використання за допомогою уаспіриту;

– змастити прес-форму і спеціальні алюмінієві вставки скипидаром чи маслом, після цього скласти форму та відправити на пресування.

Одним із найважливіших приладів в процесі пресування форм за литтям моделей, що витоплюються є шприц-апарат. До роботи його готують наступним чином:

1) Контроль рівня води;
2) Нагріти воду до температури 55..63 ˚С;
3) Нагріти шланг до аналогічної температури води;
4) Уважно контролювати вихід суміші з трубки;
5) Заливання виконувати не одразу, виконати профілактичні спускання суміші назад в бак до того часу, поки вона не стане густою;
6) Почати заповнювати прес-форму.

Наступним етапом після заливання суміші є за допомогою дощової установки поступово охолодити її за рахунок води, що вприскується. Потім рознімають прес-форму, дістають модель та складають в бак для наступного повного охолодження, в разі її відповідності до геометрії та відсутності дефектів. Після цього, моделі дістають на спеціальний стенд, створюють формаблоки з напаюванням живильників та стояку, які в свою чергу виконані за допомогою занурення алюмінієвих заготовок в аналогічну суміш , з якої виготовлена і модель (шар має товщину 5…7 мм).

4.6.3 Вогнетривка сузпензія

Для виготовлення оболонки моделі використовують вогнетривкої сузпензію такого складу [8]:

1) Етилсилікат 32 SiO2 – 46%
2) Вода – 3%;
3) Спирт – 50%;
4) Соляна кислота – 0,5%.
5) Сірчана кислота – 0,5%.

Виконують гідроліз етил силікату в такій послідовності [8]:

1) Привести до роботи пневмозмішувач

2) Завантажити гідролізатом в послідовності:

3) етилсилікат;

– етиловий спирт;

– воду з кислотою.

4) При температурі 45˚С вимкнути змішувач та залишити охолоджуватись;

5) Вилити суспензію в приготовану посудину.

Наступним кроком виготовляють облицювальну суспензію і перемішують в таких пропорціях [8]: 52% маршаліту та 30% гідролізу, згодом доводять щільність доводять до 1,7…1,72 г/см^3. Для рівномірності суміші , її колотять кожних 10-15 хв.

4.6.4 Виготовлення керамічної оболонки

Виготовлення керамічної оболонки починається з нанесення на модельний блок шару вогнетривкої суспензії, таких шарів має бути 5-7. Згодом занурюють у спеціальну ванну з псевдо-киплячим шаром , цю операцію повторюють 4 рази. Потім моделі відправляють сушитися в спеціальну шафу , насичену аміаком.

Виплавка моделей з блоків проходить у наступній послідовності:

1) Блоки викладаються на спеціальну решітку і опускаються в ванну на час ,який складає від 3 до 5 хвилин;

2) Дістати решітку з ванни , дістати стрижні та занурити назад до ванни на 7…10 хвилин;

3) Дістати решітку з блоками та відправити до ливарної дільниці;

4) Очистити решітку та підготувати до наступних блоків.

Виконати прожарювання керамічної оболонки в наступній послідовності:

1) Встановити формувальний контейнер на подину печі та насипати шар наповнювача(піску) 20…30 мм;

2) Продути оболонки стисненим повітрям , після чого накрити їх кришками та засипати підготовані раніше контейнери наповнювачем.

3) Кришки зняти та помістити подину з контейнерами в піч та загартувати форми в ньому при температурі 900 … 1000 ˚С.

4) За 10 – 15 хвилин до заливки подається контейнер при температурі 850 ˚С.

4.6.5. Заливання

Керамічні оболонки заливаються в наступній послідовності:

1) Ківш нагріти до 750…850 ˚С;

2) За допомогою рогача тигель подається в нагріту піч;

3) Провести розкислення сталі у печі за допомогою Al (50…60 грам на 60 кг металу);

4) Взяти пробу з першого ковша перед заливання , для хімічної проби;

5) Вилити метал з печі в ківш , виконати розливання сплаву по формах при температурі форми , що складає 750…950 ˚С з мінімальними витратами;

6) Охолодити виливки протягом 12 годин.

4.6.6 Вибивання та фінішні операції

Виливки вибиваються за допомогою вібропресу за температури 150…300 ˚С для того щоб відкололася оболонка та відбулося відокремлення від суміші, яка прилипає на стінках виливка. Також на цій машині відокремлюють стояк.

Після цього за допомогою ванни виливки вилуговують. За допомогою такого устаткування як гідравлічний прес , відділяються частини ливникової системи від виливків, які ми отримали. Згодом заготовки відправляють на очищення до шліфувальних станків, після чого відправляються на дільницю технічного контролю. Придатні до використання і без дефектів виливки, відправляють на термічне оброблення до печі, а брак відправляється на переплавку, якщо немає способів його виправити за допомогою механічної обробки.

4.7 Термічне оброблення виливків.

Термообробка виливків є обов'язковим компонентом при отриманні якісного виливка, оскільки виправляються дефекти структури майбутньої деталі, які могли виникнути в процесі охолодження. Для алюмінію АК12 термообробку виконують згідно ДСТУ2839-94:

– відпуск при 150 оС протягом 5 годин;

4.8 Розрахунок конструкції прес-форми

Прес-форма призначена для отримання моделі, необхідної конфігурації, відповідності габаритних розмірів та рівномірності структури по всій площі виливка.

В якості матеріалу прес-форми обираємо Al – сплав марки АК7 згідно ДСТУ2839-94, оскільки він є відносно дешевим і має необхідну міцність та корозійну стійкість, що дає змогу продовжити експлуатацію.

Прес-форму виготовляються за допомогою вирізання необхідної форми та обробленням для необхідної шорсткості так званого контейнера, який має клас точності 7 згідно ДСТУ 8981:2020.

Габарити порожнини прес-форми визначаємо з урахуванням усадки для розмірів виливка за наступною формулою [7]:

$$D_н = D_0 \cdot (1+ \frac{y^{заг}}{100}) \quad (4.5)$$

де $D_н$ – номінальний розмір робочої порожнини прес-форми, мм;

D_0 – номінальний розмір виливка, мм;

$y_{заг}$ – узагальнена лінійна усадка, %, яка розраховується за формулою [7]:

$$y_{заг} = y_м + y_0 - y_ф, \quad (4.6)$$

де $y_м$ – вільна лінійна усадка моделей, %;

$$y_м = 0,8\ \%$$

y_0 – вільна лінійна усадка металу, %;

$$y_0 = 0,8\ \%$$

$y_ф$ – середнє розширення форми при прожарюванням перед задуванням, %;

$$y_ф = 0,8\ \%$$

Тоді: $y_{заг} = 0,8 + 0,8 - 0,8 = 0,8\ \%$

Номінальні розміри внутрішньої порожнини прес-форми дорівнюють:

$$В_н = 46 \cdot (1 + \frac{0,8}{100}) = 46,03\ мм$$

$$Д_н = 124 \cdot (1 + \frac{0,8}{100}) = 124,09\ мм$$

5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА «РОЛИК»

5.1 Конструкція виливка

Деталь «Ролик» виготовляється з матеріалу СЧ20 за допомогою лиття в піщано-глинясті суміші по-сирому. Виріб повинен мати відповідно гарні фізичні властивості для надійної експлуатації, оскільки працює під навантаженням.

Деталь «Ролик» має наступні габаритні розміри:

- довжина 150 мм;
- ширина 150 мм;
- висота 65 мм;
- маса деталі 2,25 кг;

Завданням дипломної роботи є розроблення технології виробництва виливка за кресленням «Ролик». Згідно маси деталі (2,25 кг) відносимо виливок за масою до 1-ї групи - дрібні(до 100 кг).

Дана деталь виготовляється з матеріалу СЧ20 масова частка компонентів якої наведена у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Масова частка компонентів чавуну СЧ20 ДСТУ 2839-94

Марка сплаву	Хімічний склад,%					
	Fe	C	Si	Mn	P	S
СЧ20	91…93,5	3,3…3,5	1,4…2,4	0,7…1,0	<0,2	<0,15

5.2 Вибір площини роз'єму моделі(форми)

При виборі площини розніму моделі (форми) керуємося наступними положеннями згідно з ГОСТ 3.1125-88[9]:

– число рознімів повинно бути мінімальним та по можливості горизонтальним;

– весь виливок або його основну частину слід розміщувати в нижній півформі;

– поверхні, слугуючі базою для розмітки виливка,потрібно розміщувати в одній півформі;

– оброблювані поверхні розміщувати в нижній частині або вертикально;

– зручність та надійність встановлення стрижнів;

– площина розніму моделі повинна забезпечувати легке видалення моделі, без виконання від'ємних частин;

– надійність, та можливість контролю правильності збирання;

– зручність видалення газів із стрижнів, співпадаючі з напрямом їх природнього руху;

– зручність підведення металу, забезпечення повного заповнення,

– зручність встановлення надливів та організація направленого затвердіння.

Опираючись даними правилами виливок розміщуємо у нижній півформі, так як це зручно при вилученні моделі та надійно для встановлення стрижня. Також це положення виливка зручне для підведення металу в порожнину ливарної форми та повного її заповнення.

5.3 Визначення припусків на механічне оброблення

Величину припусків на механічну обробку призначаємо у відповідності до вимог ДСТУ 8981:2020.

Таблиця 5.2 – Припуски на механічну обробку поверхонь виливка

Номер характеристики	Характеристика	Значення			
1	Тип сплаву	СЧ20			
2	Найбільший габаритний розмір,мм	150			
3	Клас розмірної точності відливки	9			
4	Ступінь жолоблення	7			
5	Ступінь точності поверхні	13			
6	Клас точності маси відливки	8			
7	Ряд припусків без МО	6			
8	Шорсткість поверхні,Ra	6,3	6,3	3,2	3,2
9	Номінальний розмір,мм	65	38	38	17
10	Мінімальний допуск номінального розміру відливки	0,9	0,9	0,8	0,5
11	Допуск форми і розташування поверхонь відливок	0,32	0,32	0,32	0,32
12	Вид кінцевої обробки	Чистова			
13	Мінімальний загальний допуск елемента відливки,мм	1,1	1,1	1,1	0,8
14	Общий припуск на МО	1,8	1,8	1,8	1,4

Завдяки тому, що в ливарному цеху використовується автоматична лінія моделі КЛ2002

Оскільки ливарний цех оснащенно автоматичною лінією КЛ2002, то це дає змогу виготовляти виливок "Ролик", що має масу 2,25 кг методом лиття в піщано-глинясті форми по-сирому без використання стрижня та опоки, так як дана машина дозволяє виготовляти виливки масою до 25 кг.

Точність виливка 9-7-13-8 ДСТУ 8981:2020.

Для виконання внутрішньої конфігурації виливка застосовується один стрижень. Для відтворення конфігурації виливка в формі під заливку використовуємо дві модельні плити. Формувальні уклони вказані на кресленні та в табл. 3

Таблиця 5.3–Формувальні уклони та технологічні зазори.

Позначення стрижня	Довжина,мм	Зазор S_1, мм	Зазор S_2, мм	Кут α	Кут β
Ст. 1	60	0,6	0,3	15°	18°

Розміри вертикальних стрижневих знаків проставляємо у відповідності з рисунком 2*б* ГОСТ 3212-92.

Стрижень та його знаки зображуємо за масштабом креслення суцільною тонкою синьою лінією. Стрижні в розрізі штрихуємо тільки біля контурних ліній.

Також позначаємо стрілками напрям ущільнення стрижня, місця виводу газів із форми і стрижня, позначаючи літерами ВГ (вивід газів). Окрім цього також показуємо каркас, що встановлюється у стрижень.

5.4 Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення

Враховуючи габаритні розміри та масу виливка, а також розміщення елементів ливникової системи у формі розміщуємо два виливки. Схему розміщення виливків зображено на рисунку 5.1.

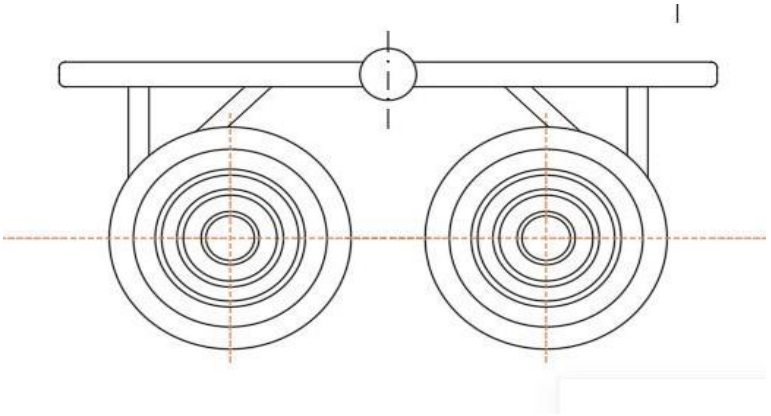

Рисунок 5.1 Розташування виливків в формі

5.5 Розрахунок ливникової системи

Площа перетину живильників на один виливок складає[7]:

$$F_{жив.1вил.} = \frac{G_{отл}}{\mu \cdot \tau \cdot 0{,}31 \cdot \sqrt{H_p}} \quad (5.1)$$

де $G_{отл}$– маса виливка: $Q_в$= (1,15…1,20)· $G_{дет}$

$$G_{отл} – 2{,}25 \cdot 4 = 9 \text{ кг}$$

$G_{дет.}$ – маса деталі, кг.

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

τ – тривалість заливання, с;

$H_р$ – розрахунковий металостатичний напір, см.

Коефіцієнт витрат μ для виливків, що заливаються в сиру форму має значення 0,35…0,5, приймаємо μ = 0,43.

Так як $Q_в$<450 кг, то тривалість заливання форми розраховуємо за формулою[7]:

$$\tau = S \cdot \sqrt{Q_в}, \quad (5.2)$$

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

$Q_в$– маса виливка, кг.

$$T = 1{,}68 \cdot \sqrt{9} = 5{,}04 \text{ с.}$$

H_p – розрахунковий металостатичний напір, см.

$$H_р = H_о – \frac{P^2}{2 \cdot C} \quad (5.3)$$

де $H_о$– відстань від рівня металу в чаші до рівня введення в порожнину ливарної форми, $H_о$=2000мм;

P – висота частини виливка в верхній півформі: P = 30 мм;

C – висота виливка в положенні при заливанні: C = 65мм.

$$H_р = 19{,}92 \text{ см.}$$

Отримаємо значення площі перетину живильників на один виливок:

$$\Sigma F_{жив.} = \frac{9}{0{,}31 \cdot 5{,}04 \cdot 0{,}43 \cdot \sqrt{19{,}92}} = 3 \text{ см}^2$$

За конфігурацією та масою виливка приймаємо співвідношення елементів ливникової системи[7]:

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

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

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

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

Типові перетини ливникової системи зображено на рисунку 5.2.Сумарний перетин живильників визначаємо за формулою[7]:

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

де $n_{вил.}$ – кількість виливків у формі: $n_{вил.} = 2$.

$$\Sigma F_{жив.} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ см}^2.$$

Тоді сумарний перетин елементів складає:

$$\Sigma F_{шл.} = 1{,}06 \cdot 6 = 6{,}36 \text{ см}^2,$$

$$\Sigma F_{ст.} = 1{,}1 \cdot 6 = 6{,}6 \text{ см}^2.$$

Розрахуємо розміри поперечного перетину живильника.

Для підводу металу у порожнину форми використовуємо два живильника найбільш вживаної трапецієвидної форми.

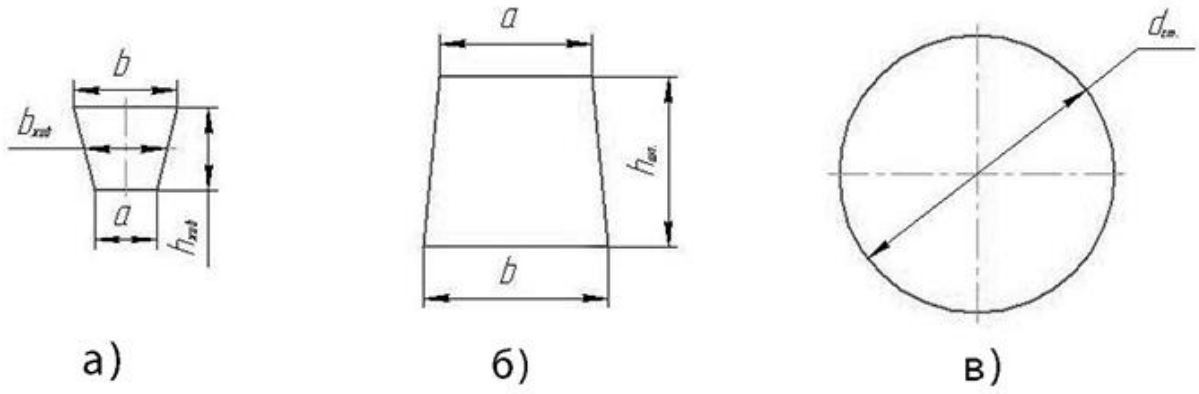

Рисунок 5.2 – Перетин ливникової системи

а) перетин живильника; б) перетин шлаковловлювача; в) перетин стояка.

Площа поперечного перетину одного живильника становить:

$$F_{жив.1вил.} = \frac{\Sigma F_{жив.вил.}}{n_{жив.}}$$

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

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

$$F_{жив.1вил.} = \frac{3}{2} = 1{,}5 \text{ см}^2.$$

Приймаємо живильник трапецієвидної форми з відповідними лінійними розмірами:

$$h_{жив.} = \sqrt{F_{жив.}} = \sqrt{1{,}5} = 1{,}23 \text{ см}.$$

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

Методом математичних підстановок ($\pm$ 0.05 см) від висоти живильника:

$$a = 1{,}18 \text{ см}, b = 1{,}28 \text{ см}.$$

$$F_{жив.} = \frac{1{,}18+1{,}28}{2} \cdot 1{,}23 = 1{,}5 \text{ см}^2$$

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

$$F_{шл.} = \Sigma F_{шл.} / 2,$$

$$F_{шл.} = 6{,}36/ 2 = 2{,}18 \text{ см}^2.$$

Приймаємо шлаковловлювач трапецієвидної форми з відповідними лінійними розмірами:

$$h_{шл.} = \sqrt{F_{шл.}} = \sqrt{2{,}18} = 1{,}48 \text{ см}.$$

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

Методом математичних підстановок ($\pm$ 0,2 см) від висоти шлаковловлювача:

$$a = 1{,}28 \text{ см}, b = 1{,}68 \text{ см}.$$

$$F_{жив.} = \frac{1{,}28+1{,}68}{2} \cdot 1{,}48 = 2{,}18 \text{ см}^2$$

Визначення розмірів стояка полягає у розрахунку розміру його найтоншої частини:

$$F_{ст.} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \qquad (5.4)$$

$$d_{ст.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ст.}}{\pi}}, \qquad (5.5)$$

$$d_{ст.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,6}{3,14}} = 2,9\text{см}.$$

5.6 Розрахунок підйомної сили, що діє на верхню напівформу

Використовуємо формулу :

$$P_{\sum} = k\,(P_{впф} + \sum P_{ст} + P_{лс}) - (G_{впф} + \sum G_{ст}), \qquad (5.6)$$

де k – коефіцієнт запасу, який враховує гідродинамічнийй удар в кінці заливання : k = 1,4 ;

$P_{впф}$– сила тиску металу на верхню півформу ;

$P_{ст}$–сила тиску , яка діє на стрижень ;

$P_{лс}$ – сила тиску металу через ливникову систему;

$G_{впф}$ – вага верхньої півформи ;

$G_{ст}$– вага стрижня.

Оскільки стрижень не знаходиться під підіймальною силою металу , то в розрахунках $\sum P_{ст}$, $\sum G_{ст}$

$$P_{впф} = F_{г.пр.} \cdot n_{вил} \cdot \rho_{ме} \cdot g \cdot h_{ср}, \qquad (5.5)$$

де$F_{г.пр.}$–площа горизонтальної проекції виливка:$F_{г.пр.}$=0.0048м^2;

$n_{вил}$ –кількість виливків у формі : $n_{вил}$ = 2;

$\rho_{ме}$ = 7100 кг/м^3– густина металу, що заливається;

$h_{ср}$ – середній металостатичний напір в кінці заливання: $h_{ср}$ = 0,2м.

$$P_{впф} = 0,0048 \cdot 2 \cdot 7100 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 133 \text{ Н}.$$

$$P_{лс} = F_{г.пр.лс} \cdot \rho_{ме} \cdot g \cdot H_1, \qquad (5.6)$$

де $F_{г.пр.лс}$ =0,0012м^2– площа горизонтальної проекції ливникової системи;

H_1 = 0,1 м – висота стовпа металу від його рівня в ливниковій чаші до роз'єму форми.

$$P_{лс} = 0,0019 \cdot 6900 \cdot 9,81 \cdot 0,1 = 25 \text{ Н}.$$

$$G_{впф} = (m_{опоки} + m_{сум.}) \cdot g \,, \qquad (5.6)$$

де $m_{опоки}$– маса верхньої опоки, кг;

$m_{сум.}$– маса формувальної суміші у верхній опоці, кг;

$m_{сум.} = (L_{оп} \cdot B_{оп} \cdot H_{оп}) \cdot \rho_{сум.}$

де $L_{оп}, B_{оп}, H_{оп}$– відповідно довжина, ширина, висота опоки, м;

$\rho_{сум.} = 1700$ кг/м^3– густина формувальної суміші;

$$m_{сум.} = (0,6 \cdot 0,45 \cdot 0,2) \cdot 1700 = 40,8 \text{кг}$$

$$G_{впф} = (17.5 + 40,8) \cdot 9,81 = 572 \text{ Н.}$$

$$P_{\sum} = 1,4 \cdot (267 + 25) - 572 = -163 \text{Н.}$$

Оскільки $P_{\sum} = -163$ Н ,на верхню опоку встановлювати вантаж не є необхідним.

5.7 Витрати формувальних матеріалів на 1 тону виливків

До формувальних матеріалів відносяться формувальна та стрижнева суміші. Розраховуємо масу формувальної суміші в опоці:

$$m_{фсум} = (V_ф - \sum V_в - \sum V_{л.с.} - \sum V_{ст}) \cdot \rho_{сум} \,, \qquad (5.7)$$

де $V_ф$ – об'єм форми, м^3;

$\sum V_в$ – об'єм виливків, м^3;

$\sum V_{л.с.}$ – об'єм ливникової системи, м^3;

$\sum V_{ст}$– об'єм стрижнів , м^3;

$\rho_{сум}$–щільність формувальної суміші: $\rho_{сум} = 1700$ кг/м^3.

$$V_ф = L_{оп} \cdot B_{оп} \cdot (H_{оп.в.} + H_{оп.н.}) \,, \qquad (5.8)$$

де $L_{оп}$, $B_{оп}$, $H_{оп}$ –довжина, ширина та висота верхньої і нижньої опоки, м.

$$V_ф = 0,6 \cdot 0,45 \cdot (0,2 + 0,2) = 0,1 \text{ м}^3.$$

Об'єм виливків:

$$\sum V_в = n_в \cdot Q_в / \rho_{ме} = 2 \cdot 5 / 7100 = 0,0014 \text{ м}^3 .$$

де $n_в$ – кількість виливків;

$Q_в$– маса виливка;

Об'єм ливникової системи:

$$\sum V_{л.с.} = Q_{лс} / \rho_{ме} \,, \qquad (5.9)$$

$$\sum V_{л.с.} = 3,9/7100 = 0,0005 \text{ м}^3$$

$$\sum V_{ст} = n_{ст} \cdot V_{ст} = 2 \cdot 0,0003 = 0,006 \text{ м}^3.$$

де $n_{ст}$ – кількість виливків зі стрижнями.

$V_{ст}$– об'єм стрижнів на один виливок;

$$m_{фсум} = (0,1 – 0,0028 – 0,0005 – 0,0006) \cdot 1700 = 79 \text{ кг.}$$

$$m_{фсум}(\text{на 1 т}) = (1000 \cdot m_{фсум})/(n_в \cdot Q_в) = (1000 \cdot 28)/(2 \cdot 2,25) = 3950 \text{кг.}$$

Кінцева маса формувальної суміші :

$$m_{фсум} = m_{фсум} \cdot 1,1 = 3950 \cdot 1,1 = 4345 \text{ кг.}$$

Маса стрижневої суміші на одну форму становить :

$$m_{ст.сум} = \rho_{ст.сум} \cdot n \cdot V_{ст}, \qquad (5.10)$$

$$m_{ст.сум} = 1700 \cdot 2 \cdot 0,0006 = 0,6 \text{ кг.}$$

$$m_{ст.сум}(\text{на 1 т}) = (1000 \cdot m_{ст.сум})/(n_в \cdot Q_в) = (1000 \cdot 0,6) / (2 \cdot 2,25) = 30 \text{кг.}$$

5.8 Вихід придатного литва

Технологічний вихід придатного литва:

$$ВП_{техн} = Q_в \cdot 100\% / (Q_в + Q_{л.с.}), \qquad (5.11)$$

$$ВП_{техн} = 2,25 \cdot 2 \cdot 100\% / ((2,25 \cdot 2) + 3,9) = 83,33 \%.$$

Металургійний вихід придатного литва:

$$ВП_{мет} = ((100 – У) \cdot (100 – В) \cdot (100 – Б)) \cdot ВП_{техн.} / 10^6, \qquad (5.12)$$

де У = 3 % – угар чавуну при плавці в печі;

В = 1,5% – беззворотні втрати;

Б = 3% – брак литва при виробництві чавунних виливків.

$$ВП_{мет} = ((100 – 3) \cdot (100 – 1,5) \cdot (100 – 3) \cdot 83,33)/10^6 = 77,23 \%.$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва, можна розрахувати масу металозавалки на 1 тону придатного литва:

$$М_{мз} = 1000 \cdot 100 / ВП_{мет}$$

$$М_{мз} = 1000 \cdot 100 / 77,23 = 1294,8 \text{ кг/т.}$$

6 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ

В якості проектованого устаткування для відділення фінішних операцій обрано дробометний барабан періодичної дії моделі 42223.

Дане устаткування використовується для очистки виливків різноманітної складності та конфігурації від дрібних дефектів, таких як пригар, окалина, деякі незначні нерівності, фінальне очищення глухих порожнин, та ін.. [10].

6.1 Конструкція і робота машини

Для задовільнення потреби згідно програми цеху було вибрано дробометний барабан , що має змогу очищувати виливки, які мають масу до 40 кг та має продуктивність 3 т/год , що цілком задовільняє вимоги для своєчасного очищення виливків [10].

Принципова кінематична схема барабану представлена на рис. 5.1. [10].

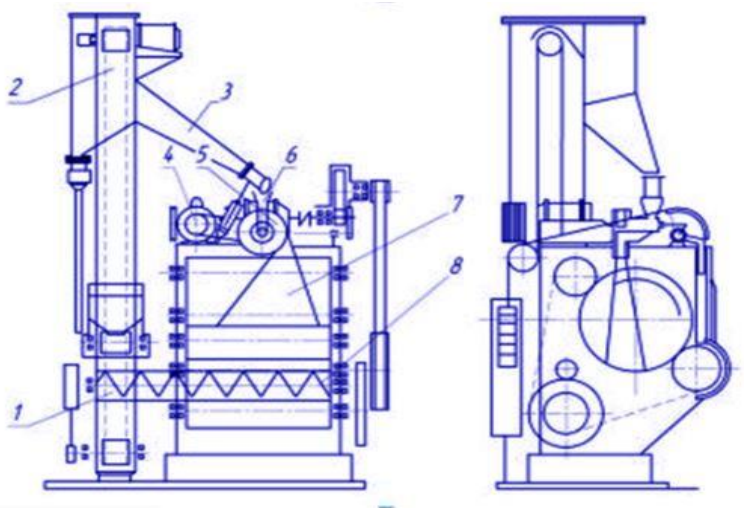

Рисунок 6.1 – Кінематична схема дробометного барабана

1 – сито барабанне; 2 – елеватор; 3 – рукав; 4 – електродвигун; 5 – дробометний апарат; 6 – приймальна воронка; 7 – потік дробу; 8 – шнек.

Дана машина складається з 4-ох вузлів , таких як: завантажувальний скіповий підйомник 1,барабан апарату 8 із шнеком та елеватори 10,11,14. На каркасі вмонтовано два бічних диска 20, пересувний під 21, і шнек 22 [10].

Провідний вал рухомого поду 21 приводиться в реверсний рух через редуктор від електродвигуна, для цього процесу використовують ремінну та зубчату передачу. Рух верхньої гілки відбувається за годинниковою стрілкою. Під огинається за допомогою двох торцевих дисків 20, що захищені бронею зсередини і створює робочий простір барабану.

Замикають простір двері 19, саме через це покриті гумою з середини та основного матеріалу з листової сталі. З внутрішньої сторони двері обшиті гумою для захисту від виліту дробу.

Шнек 22, за допомогою якого відокремлюється відпрацьований пісок та дріб встановлено під гілкою поду 21. Шнековий вал , що встановлений на вертикальних стінках камери піднесений до елеватору , обладнаний барабанним грохотом , що обшитий за допомогою сітки.

Дріб подається в грохот , а згодом просіюється в живильник,який представляє собою дві коробки , матеріалом яких є листова сталь. Одна і з коробок , яка знаходиться знизу, слугує для подачі дробу , що надходить з камери до стрічкового елеватора.Після цього за допомогою шнеку дріб викидається назад в короб.

На верхній плиті каркасу знаходиться дробометний апарат 8.

Для компенсації втрат дробу в верхній коробці живильника, використовується бункер. Привід барабана виконано за допомогою ланцюгової передачі. Кожен раз під час відкриття дверей, в машину подається нормована кількість дробу.

На стрічці розташовані вмонтовані ковші , сама стрічка поміщена всередині елеватора , що рухається зі швидкістю 1,1 м/с. Дріб з елеватора підходить до сепаратору 9, де очищається від бою дробу та пилу , через що їх осідання в сепараторі та за допомогою труби 14 для відходів , вилучаються з машини в

секторний затвор, який являє собою зварний патрубок із затвором. Привід затвору виконується пневмоциліндром[10].

Патрубок під'єднано до бункера , що переміщує дріб з сепаратору до дробометного барабану.

За допомогою скіпового підйомника , що містить в своїй схемі раму 4 , опрокидувач та ківш 1. Підйом ковшу здійснюється за допомогою перекинутих через блоки тросів 2 і прикріплені одним кінцем в верхній частині, що є направляючою на барабанах.

Ківш знаходиться в русі до тих пір, поки не зустріне на своєму шляху упор, що приварений до швелерів. Саме в такому положенні ківш тримається в камері, періодично змінюючи кут нахилу і вивантажуючи виливки на рухомий під 21.

Для виконання екологічних потреб пил відсмоктується у вентиляційну систему через патрубки сепаратора та камери, на шляху який встановлену уловлювач, для того, аби в повітря не потрапляли залишки дробу. За допомогою системи перегородок, дріб, відбиваючись від них, повертається до камери.

6.2 Розрахунки основних технологічних та конструктивних парметрів машини

Процес руху дробу по колесу розподіляють на такі етапи [10]:

– викидання дробу імпелером через вікно втулки;
– вільний політ дробу до зустрічі з робочими лопатками колеса;
– викидання дробу робочими лопатками колеса.

Згідно документації дріб вилітає за допомогою лопаток імпелера порціями, що схожі на порції суміші ротора піскомету , хоча дріб не являє собою не суцільний.

Згідно теоретичних даних [10]: колесо дробомету має подачу дробу в кількості 300 кг/хв., діаметр 315 мм, частоту обертання 3000 об/хв., число ро-

бочих лопаток і лопаток імпелера по 8 шт, ширина вікна втулки імпелера становить 50 мм , розміри та зазори вказано на рис. 5.2.

Приймаємо потік дробу, який вилітає по дотичній, в т. О на радіусі r_0 = 53 мм (рис. 5.2) [10].

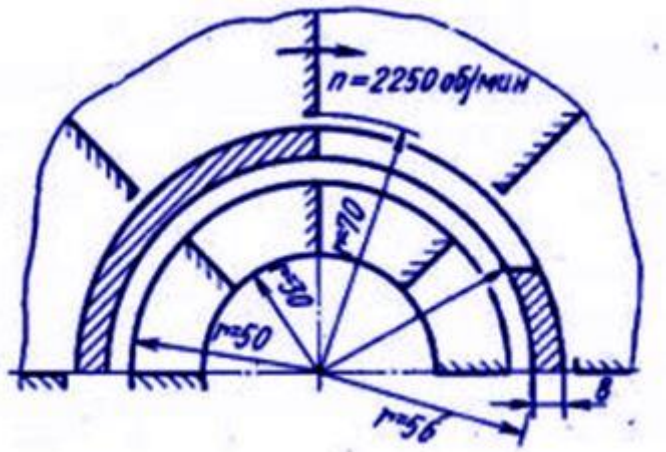

Рисунок 6.2 – Розміри імпелера типового дробометного колеса

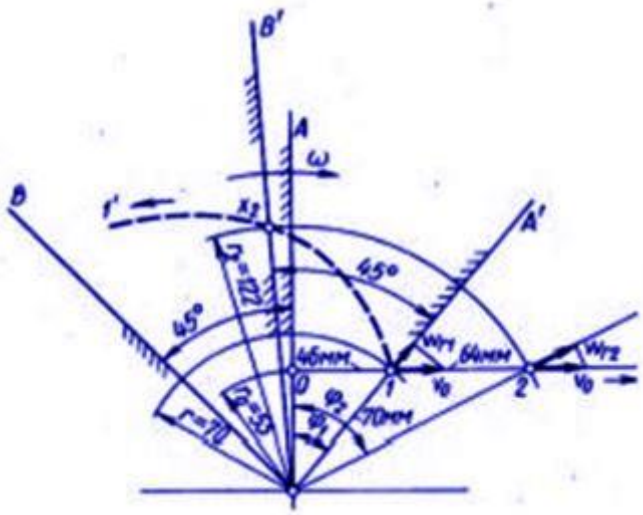

Рисунок 6.3 – Розрахунок робочого процесу дробометного колеса

Швидкість викидання дробу складає, м/с [10]:

$$V_0 = \omega \cdot r_0, \qquad (5.1)$$

де V_0 – швидкість викидання дробу, м/с;

ω – кутова швидкість обертання, об/хв.;

r_0 – радіус, мм;

Підставляємо значення в формулу:

$$V_0 = 314 \cdot 0{,}049 = 13{,}64 \text{ м/с.}$$

Якщо перетин 50×6 мм та щільність укладки дробу в ньому становить 2,5 г/см^3 , звідси максимальна подача дробу в хвилину буде складати:

$$0{,}050 \cdot 0{,}0061 \cdot 16{,}65 \cdot 60{,}0 \cdot 2{,}5 \cdot 103{,}0 = 748{,}9 \text{ кг/хв.},$$

що перевищує дійсну подачу дробу в кілька разів.

Дивлячись який буде потік дробу, що рухається за допомогою імпелера, наступна робоча лопатка А, після того як повернеться з колесом в половину A_1 (рис. 5.3), відокремлює та приймає на себе деякий відрізок 1-2 потоку. Для точки 1 цього відрізку в якому розміщується його остання дробинка, можна вказати: l_0-1 $_2$ + 532 = 702 , звідси відстань між точками 1 та 2 становить l_0-1 = 46 мм, а кутова координата т. 1:

$$\varphi_1 = \text{arctg}\,(46/53) = \text{arctg}\,0{,}87 = 41^\circ \qquad (5.2)$$

Для знаходження положення т. 2 потоку відрізку, що відсікається, в котрій знаходиться початкова дробинка даного відрізку, розглянемо відносний рух початку відрізку, слідуючого за даним, тобто т. 1. Для цього, побудуємо по точкам траєкторію 1-1_1 руху т. 1 відносно колеса, виходячи з полярних координат:

$$\rho = \sqrt{0{,}0532 + (0{,}046 + V_0 \cdot t)}\ 2\ \text{ma}\varphi = \text{arctg}\,0{,}046 + V_0 \cdot t\ 0{,}053 - 235{,}6 \cdot t \qquad (11.3)$$

для різних значень t, які приймаються. З рис. 5.3 бачимо, що дана траєкторія пересікає чергову робочу лопатку В, яка знаходиться за лопаткою А на кутовій відстані 45º в т. X_2 на радіус r_2 = 122 мм. Кутова координата т. 2 зустрічі робо-

чої лопатки в абсолютному русі з головною дробинкою проміжку потоку,що відсікається лопаткою, буде[10]:

$$\varphi_2 = \arccos\left(\frac{43}{122}\right) = \arccos 0{,}4350 = 64^\circ 2' \qquad (5.4)$$

Відстань 0-2 становить 110 мм. Довжина, яка відсікається робочою лопаткою потоку дробу дорівнює 64 мм.

Початкові швидкості руху кінцевих дробинок 1 і 2 даних відрізків (в третьому етапі процесу) складає: – для першої дробинки:

$$\omega \cdot r_1 = V_0 \cdot \sin \varphi_1 = 16.65 \cdot \sin 41^\circ = 10{,}9 \text{ м/с};$$

для другої:

$$\omega \cdot r_2 = V_0 \cdot \sin \varphi_2 = 16.65 \cdot \sin 64^\circ 2' = 15{,}0 \text{ м/с}.$$

Використовуючи рівняння обчислення швидкості, шлях та даний третій етап процесу, коли коефіцієнт тертя дробу об лопатку f = 0,2, розрахуємо вихідні дані при сході дробинок 1 і 2 з робочої лопатки.

Для дробинки 1 вони складають[10]::

– час руху по лопатці t = 0,00760 с;

– вихідна відносна швидкість ω = 18,40 м/с;

– абсолютна швидкість сходу V = 62,0 м/с;

– відхилення вектор f_V від дотичної α = 17,0º;

– кут сходу, рахуючи від початку вікна до розподільчої втулки, θ = 143,0º.

Для дробинки 2 відповідно отримуємо:

t = 0,00470 с; ω = 44,20 м/с; V = 73,0 м/с; α = 37,0º ; θ = 129,0º .

Згідно теоретичних даних на рис. 5.4 отримуємо схему розкидання дробу. Розрахунковий кут розкидання становить 34º.

Дійсний кут розкидання відносно більший – більш ніж 90-100º.

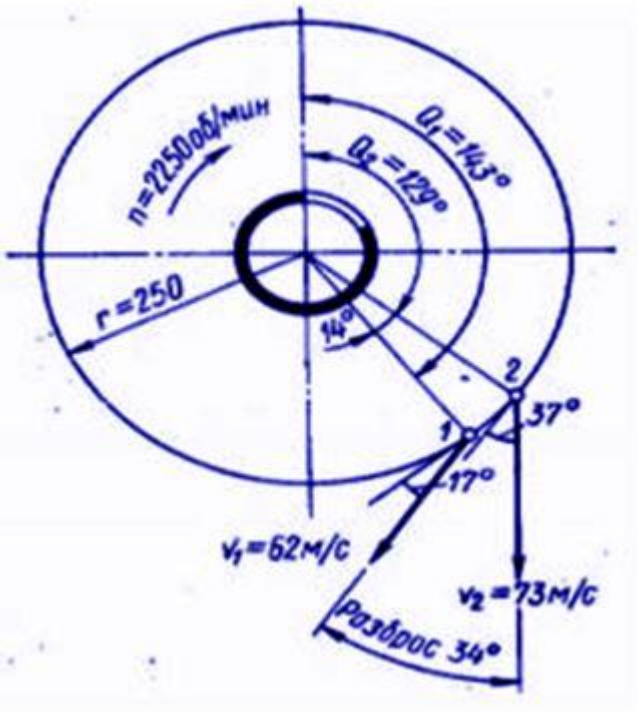

Рисунок 6.4 – Розрахункове розкидання дробу

Причинами занадто сильного розкидання дробу можуть бути наступні:

1. Взаємне співударяння дробинок;
2. Відбиття дробу від робочих під час його потрапляння на лопатку під значними кутами атаки;
3. Шорсткість та некоректні конструкції лопатки при зношенні та неправильній формі дробинок.

Розрахунок діаметра живильного патрубка, см [10]:

$$D = \sqrt{0,080 * q * n * n_p} + 17, \qquad (5.5)$$

де D – діаметра живильного патрубка, см;

q – продуктивність дробометного колеса, кг/с, 300 кг/хв. = 2,2 кг/с;

n – базова частота обертання колеса, об/хв., 3000 об/хв.;

n_p – розрахункова частота обертання колеса, об/хв.:

$$n_p = 30 \cdot v\pi R\sqrt{2}(1-f+f_2) \text{ , об/хв} \quad (5.6)$$

тоді

$$n_p = 30{,}0 \cdot 300{,}0 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}250 \cdot \sqrt{2}(1-0{,}20+0{,}220) = 3833{,}0 \text{ об/хв.}$$

$$D = \sqrt{0{,}080 \cdot 2{,}20 \cdot 3000{,}0 \cdot 3833{,}0} + 17{,}0 = 17{,}3 \text{ см} = 0{,}1730 \text{ м.}$$

Потужність приводу електродвигуна дробометного апарату, кВт [10]:

$$N = q \cdot \omega \cdot 2 \cdot K_u \mu_1 \cdot (r_2^2 - r_1^2) , \quad (5.7)$$

де N – потужність приводу електродвигуна дробометного апарату, кВт;

q – продуктивність дробометного колеса, 130 кг/хв. = 2,20 кг/с;

ω – кутова швидкість; 234,40 рад/с;

K_u – коефіцієнт, який враховує втрати енергії в імпелері, K_u = 1,1…1,2;

μ_1 – коефіцієнт, який враховує втрати енергії в приводі колеса: приймаємо μ_1 = 0,850…0,950;

r_1 – радіус входу дробинки на лопатку:r_1 = 0,0530 м;

r_2 – радіус лопатки в точці сходження: r_2 = 0,2500 м.

Тоді потужність приводу електродвигуна дробометного апарату становить:

$$N = (2{,}20 \cdot 234{,}40 \cdot 2{,}0 \cdot 1{,}10/0{,}90) \cdot (0{,}2520 - 0{,}05320) = 9{,}2 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун марки 4АМ132М2 потужністю 11 кВт.

6.3 Догляд за машиною

Очистка деталей проходить за допомогою струменя дробу, що викидається при швидкості 80,0…100,0 м/с лопатками дробометного апарату. При ударі об поверхню виливку, що очищаються, дріб знімає пригорілу під час заливання формувальну суміш чи окалину, що частково була до цього прибрана потоком відсмоктуваного повітря.

Перед початком роботи в машині повинно знаходитись 500 кг дробу. Завантаження ковша призначеними до очищення виливками проводиться під час очищення в машині виливків попереднього завантаження при положенні ковша знизу в приямку.

Виливки, що є придатними для обробки дробом у камері, передаються транспортом у ківш завантажувального підйомника.

Вал барабану кінематично пов'язаний з кінцевим вимикачем, який налагоджений на певну кількість оборотів, після чого вимикається двигун завантажувального підйомника. У такий спосіб здійснюється налаштування ходу ковша підйомника.

Після того як ковша зайняв нижнє положення, двері очисної камери зачиняються, відчиняється секторний затвор, вмикають сам елеватор зі шнеком та дробометний апарат.

Верхня частина рухомого поду, переміщаючись за годинниковою стрілкою, безупинно перемішує деталі, що очищаються, завдяки чому вони рівномірно обстрілюються дробом із дробометного апарата.

Дріб з робочої камери через отвори в пластинах стрічки на рухомому поді попадає на огородження, звідси шнеком направляється в нижню частину елеватора.

Після закінчення процесу очистки секторний затвор зачиняється і елеватор, шнек та дробометний апарат вимикаються. Потім відчиняються двері і рухливий под рухається у зворотному напрямку (проти годинникової стрілки ру-

хається верхня частина), через що очищені деталі висипаються з камери й падають у ємність або на збиральний конвеєр.

Догляд за машиною:

1. Не давати змоги запуску рухливого поду під час вивантаження при зачиненій дверці очисної камери.

2. Не давати змоги завантаження дробу до бункеру під час роботи елеватору.

3. Спостерігати за правильним натягом ланцюга рухливого поду та стрічки елеватора.

4. Лопатки дробометного апарата підбирати в комплекті по 8 шт. з різницею в масі не більше 3 кг. В разі появи вібрації варто перевірити масу лопаток.

5. Стежити за тим щоб отвір розділяючої камери не збільшувався більш ніж нормовані значення, через що збільшується сектор обстрілу дробом.

6. Не допускати сильного зношення лопаток дробометного апарату.

7. Стежити за станом внутрішньої облицювальної частини корпуса дробометного апарату.

8. Час від часу проводити огляд та діагностику всіх деталей машини та промивання і змащення всіх частин, які труться.

9. Стежити за міцним зажимом кріплень болтів машини.

6.4 Техніка безпеки при роботі з машиною

Робота дробометного очисного барабану періодичної дії характеризується виділенням великої кількості пилу, виникненням шуму. Саме тому для забезпечення безпечних умов для праці відділення фінішних операцій, де проходить очищення виливків, встановлено приточно-витяжна механічна вентиляція та природна аерація, що виконана через віконні отвори будинку. Також очисні барабани обладнані кожухами, що мають місцеву витяжну вентиляцію. Вмонтована система блокування під час роботи машини, тоді коли вентиляція не працює. Дане обладнання знаходиться за огорожею, шторами.

7 ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ, ДІЛЬНИЦІ ТА СЛУЖБИ ЦЕХУ

7.1 Приміщення цехових комор для зберігання допоміжних матеріалів, інструменту і спецодягу

Допоміжні матеріали, запасні частини від обладнання, спецодяг та інструмент зберігаються в цеховій коморі. Дане приміщення знаходиться на площі основних відділень ливарного цеху, а саме між колонами загальної будівлі, щ о є достатньо зручним. Згідно теоретичних даних приймаємо 2,5 м^2/1000т випущенного литва в рік. Після нескладних розрахунків отримуємо площу 17,5 м^2.

7.2 Приміщення санітарно–технічної майстерні

Дане приміщення слугує для того, щоб підтримувати у робочому стані водопостачання, водовідведення, опалення та повітряну вентиляцію цеху. Ця майстерня має налагоджену систему роботи в разі необхідності слюсарів на певній дільниці. Саме через це майстерня є також і невід'ємною частиною при роботі устаткування та цеху.

7.3 Приміщення цехових лабораторій

Ці приміщення слугують для своєчасного контролю складу металу в печі або під час/після заливання, контроль якості формувальної та стрижневої суміші в цеху і матеріалів, з яких вони виготовлені.

Площа даних лабораторій для заданої номенклатурою потужності становить 108м^2, а саме лабораторія формувального матеріалу – 36 м^2, решта відведена під лабораторії оцінки складу металу.

8 СКЛАДСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО І ВНУТРІШНЬОЦЕХОВИЙ ТРАНСПОРТ

8.1 Складське господарство

Складське господарство призначенне для зберігання шихтових матеріалів для певного класу сплавів. Дане приміщення розташоване безпосередньо поруч із плавильним відділенням.

Склад шихтових матеріалів в свою чергу розділено на дільниці прийому та зберігання матеріалу для шихти, її дозування та очистка звороту власного виробництва.

За допомогою вагонів пісок транспортується до даних приміщень, для розвантаження необхідно відкрити нижні дверцята(люки). На складі також враховано і дільниця з барабанними сушарками для підсушування піску та глини.

8.2 Внутрішньо-цеховий транспорт

Внутрішньо-цеховий транспорт є невід'ємною частиною спроектованого цеху, оскільки саме за допомогою мостових кранів з магнітними шайбами відбувається завантаження у добові бункери металічної шихти. грейферами, в свою чергу, наповнюють бункери сипкими шихтовими матеріалами.

За допомогою двох мостових кранів, що мають вантажопідйомніть 10 тонн обсглуговується склад формувальних та шихтових матеріалів.

В свою чергу, плавильне відділеня обладнане такими ж кранами як і склад матеріалів, але має вантажопідйомність на 20 тонн.

Наступним відділенням, яким обслуговується транспорт цеху є формувально-складально-заливально-вибивальне відділення, а саме це два мостових крани, що мають вантажопідйомність 10 тонн, аналогічним обладнанням оснащено і відділення фінішних операцій.

Також на підприємстві використовується пневмотранспорт, який використовується для транспортування сипучих матеріалів, таких як пісок.. Стрічковий конвеєр призначений для транспортування формувальної та стрижневої суміші в місце виготовлення стрижнів та форм на автоматичній лінії.

Після вибивання на устаткуванні, виливки транспортуються за допомогою такого різновиду конвеєрів як пластинчастий.

9 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

9.1 Елементи конструкції будівлі

Відстань між поперечними прогонами, де знаходиться плавильне відділення та склад шихтових та формувальних матеріалів становить 24 метри[8].

Основа будівлі цеху складається з фундаменту, стін та перекриття між ними і відповідно колони. Даний цех відносять до так званих велико-прогонних будівель, які побудовані з використанням каркасу, що складається з залізобетонних колон[8].

По периметру всієї будівлі крок колон складає 6 метрів, а посередині цеху для зручності – 12 метрів. Мостові крани рухаються за допомогою консолей,що слугують опорою на таврових конструкціях, якими оснащенні колони в прогонах.

Під колонами при будівництві цеху був врахований фундамент, що представляє собою залізобетонну ступінчасту конструкцію та підколінник.

В якості кровлі цеху застосовують ферми трапецієподібної форми, на які зверху вкладають плити, а саме покриття, що має довжину 12 метрів. Дана плита представляє собою багатошарове покриття з водостійким матеріалом. Що вкладається з урахування бітумної мастики на шар утеплювача, яким є склована.

Для стінового матеріалу застосовують керамзибетонні панелі. Для стійкості і надійності захисту торцевих стін від вітрових навантажень, їх встановлюють з додатковими колонами із залізобетону.

Для перевезення матеріалів і виливків та для евакуації людей в ливарному цеху передбаченні ворота. Вони являють собою розсувну конструкцію з механічним відкриванням/закриванням, а їх розмір становить 4.0 х 4.2 метрів та 4.7 х 5.6 метрів на залізничний транспорт.

9.2 Побутові і адміністративно – службові приміщення

Цех включає в себе санітарно-побутове приміщення, приміщення для громадського харчування, управління, відділ технологічного бюро та охорони здоров'я.

У цеху передбачені приміщення санітарно – побутового призначення, громадського харчування, охорони здоров`я, культурного обслуговування, управління, технологічне бюро.

Адміністративно-побутові приміщення розташовані в, що має дах будівлі з залізобетонним каркасом, який являє собою колони розмірами 40х40 см. За допомогою бетонних блоків муровані стіни будівлі, підлога покрита лінолеумом.

9.3 Опалення і вентиляція

Цех оснащений системою повітряного опалення, що з'єднано з приточною вентиляцією та має підігрів повітря в калорифері. Повітря при нагріві може досягати до 60 ºС, при умови подачі на висоті не більше 3.5 метрів.

Цех має загальнообмінну та місцеву вентиляцію.

У цеху використовують загальнообмінну вентиляцію, яка підтримує підтримує повітря по площині всього цеху та забезпечує обмін повітря. Також застосовують місцеву вентиляцію, що дає змогу подавати повітря в обмежені зони.

10 ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА

Дана частина проекту призначена для розрахунку витрат ресурсів для стабільної роботи цеху. До таких ресурсів відносять електроенергію, стиснуте повітря, воду, теплоносії та газ.

Для роботи силових установок, а саме основного та допоміжного обладнання та освітлення використовують електроенергію.

Витрати електроенергії розраховуємо за наступною формулою[9]:

$$W = (W_т + W_c + W_o) \cdot К, \qquad (10.1)$$

де W – загальна кількість витрат електроенергії, кВт · год.

$W_т$ – річні витрати електроенергії на технологічні потреби, кВт · год;

W_c – річні витрати електроенергії на електроприводи силових установок, кВт · год;

W_o- річні витрати електроенергії на освітлення, кВт · год; К – коефіцієнт втрат електроенергії у мережі.

Річні витрати електроенергії на потреби виробництва вираховуємо за відношенням питомих норм витрат електроенергії на 1 тонну придатного литва номенклатури цеху за формулою[9]:

$$W_т = \sum P_т \cdot G_р, \qquad (10.2)$$

де $W_т$ – витрати електроенергії на технологічні потреби (плавлення металу, термічне оброблення виливків тощо), кВт · год.

$P_т$ – питомі витрати електроенергії на технологічні потреби при виробництві 1 т. придатного литва, кВт · год.

$G_т$ – річний випуск придатного литва, т / рік.

$$W_т = 900{,}0 \cdot 1500{,}0 + 450{,}0 \cdot 1500{,}0 = 2{,}00 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Підставивши значення до формули отримаємо:

$$W_c = 1100{,}0 \cdot 1500{,}0 = 1{,}60 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розрахунок споживання електроенергії на освітлення приміщень та території заводу проводимо за формулою[9]:

$$W_o = 0{,}0010 \cdot g \cdot F \cdot \Phi_o, \qquad (10.3)$$

де W_o- річні витрати електроенергії на освітлення, кВт · год;

g – питомі витрати електроенергії за 1 год. На 1 $м^2$ площі цеху (для виробничих відділень g = 15...18 Вт) для складських приміщень – g = 8...10 Вт і для побутових приміщень – g = 8 Вт);

F – освітлювальна площа, $м^2$;

Φ_o – річна кількість годин освітлювального навантаження (при двозмінній роботі - Φ_o = 2300,0...2500,0 год.), тоді:

$$W_o = 0{,}0010 \cdot (10480{,}0 \cdot 17{,}0 \cdot 2400{,}0 + 1240{,}0 \cdot 8{,}0 \cdot 2400{,}0) =$$
$$= 42{,}60 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Отримавши дані, підставимо їх в формулу (10.1) для розрахунку:

$$W = (3{,}4 \cdot 10^7 + 0{,}7 \cdot 10^7 + 0{,}4 \cdot 10^7) \cdot 1{,}05 = 4{,}7 \cdot 10^7 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати стисненого повітря розраховуються з урахування програми ливарного цеху за наступною формулою[9]:

$$Q_в = 1{,}50 \cdot д \cdot G_р, \qquad (10.4)$$

де $Q_в$ – річні витрати стисненого повітря на річну програму, $м^3$.

д – витрати стиснутого повітря на 1 т литва, $м^3$.

$G_р$ – випуск виливків за рік, т;

1,50 – коефіцієнт, що враховує втрати повітря в мережі

$$Q_в = 1{,}50 \cdot 800{,}0 \cdot 1500{,}0 = 18{,}0 \cdot 10^5, \text{ м}^3$$

Споживання води, що застосовується для приготування стрижневої та формувальної суміші розраховуємо за наступною формулою[9]:

$$V_в = у \cdot Р_{ну} / 100, \quad (10.5)$$

де $V_в$ – витрати води на рік, $м^3$;

у – процент вологи у суміші, %;

$Р_{ну}$ – річні витрати неущільненої суміші, т/рік.

$$V_в = 5 \cdot 446671 / 100 = 22333 \ м^3$$

Споживання води для технологічних потреб розраховуємо за наступною формулою[9]:

$$V_{в. т.} = Р_{н.в.} \cdot G_р,$$

де $Р_{н.в.}$ – норми витрат води на технологічні потреби на 1 т литва, $м^3$; $G_р$ – річний випуск виливків, т;

$$V_{в. т.} = 13 \cdot 25000 = 325000 \ м^3/рік$$

Згідно нормативних документів, витрати води на підприємстві наступні[8]:

– на господарчі та питні потреби – 45 літрів на 1 сітку за годину;
– душові - 500 літрів на сітку за годину (при роботі душевих – 45 хв.)
– умивальники – 200 літрів на 1 кран за годину;
– миття підлоги цеху – 3 літри на 1 $м^2$ за добу.

Втрати теплоти обчислюємо за наступною формулою[9]:

$$G = V_б \cdot q, \quad (10.6)$$

де $V_б$ – площа будівлі (Vб = 131000 $м^2$);

q – кількість теплоти для опалення будівель (q = 60...130Вт/$м^2$). Приймаємо q = 100 Вт/$м^2$;

$$G = 131000 \cdot 100 = 1{,}31 \cdot 10^7 \ Вт$$

Тепло надходить до цеху як перегріта до температури 150 ºС пара, за допомогою труб та калориферів.

Споживання природного газу ливарним цехом на рік розраховуємо за наступною формулою[9]: (при цьому приймаємо умову, за якої 1 $м^3$ природного газу еквівалентно 1,17 кг умовного палива)

$$M = 1,17 \cdot q_г \cdot G_р, \qquad (10.7)$$

де $q_г$ – кількість умовного палива (газу) на тонну литва ($q_г$ = 140...170$м^3$) приймаємо 155 $м^3$;

$G_р$ – маса придатного литва на рік, кг.

M = 1,170 · 155,0 · 15000000,0 = 272025000 кг/рік умовного палива за рік.

11 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

11.1 Організаційний розділ

11.1.1 Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників

11.1.1.1 Основні робітники

Чисельність основних робітників визначаємо за нормами обслуговування основного технологічного устаткування.

Плановий час роботи одного працівника за рік розраховуємо шляхом скла- дання балансу робочого часу. Цей розрахунок представлений у табл. 11.1.

Таблиця 11.1 – Плановий баланс робочого часу за рік

Індекс	Найменування витрат часу	Кількість днів
1	Кількість номенклатурних днів за рік	365
2	Неробочі дні, у тому числі:	114
2.1	Загальнодержавні та релігійні свята	10
2.2	Вихідні	104
3	Режимний час підприємства	251
4	Витрати робочого часу працівників, у тому числі:	38
4.1	Хвороба	12
4.2	Чергові та додаткові відпустки	24
4.3	Невиходи з дозволу адміністрації	1
4.4	Скорочення робочого часу матерям, підліткам та інш.	1
5	Плановий фонд, за рік, днів	210

На підставі балансу робочого часу визначаємо обліковий склад робітників, який в свою чергу розраховується за допомогою коефіцієнта облікового складу $К_{о}$-

$$К_{обл} = Ф_{реж.} / Ф_{пл} \quad (11.1)$$

де $К_{обл}$ – обліковий склад робітників;

$Ф_{реж}$ – режимний річний фонд роботи підприємства,днів;

$Ф_{пл}$ – плановий фонд роботи працівника за рік, днів.

$$К_{обл} = 251/210 = 1,18.$$

11.1.1.2 Допоміжні робітники

Чисельність цієї категорії персоналу за професіями та розрядами встановлюємо за даними підприємства – аналога «ПрАТ - ВЛКЗ» від заводу «ім. Артема згідно з їх часткою по відношенню до чисельності основних робітників.

11.1.1.2 Управлінський персонал

Чисельність управлінського персоналу встановлюємо виходячи із структури управління сталеливарного цеху підприємства – аналога «ПрАТ - ВЛКЗ» від заводу «ім. Артема».

11.1.2 Загальна чисельність працівників

Таблиця 11.2 – Загальна чисельність робітників в цеху

Професія, спеціальність, посада	Кваліфікація, розряд	Явочний штат		Разом	Коефіцієнт облікового складу	Обліковий склад
		1-а	2-а			
1	2	3	4	5	6	7
ОСНОВНІ РОБІТНИКИ						
Шихтувальник	4	2	2	4	1,18	5
Плавильник	5	2	2	4	1,18	5
Заливальник	5	2	2	4	1,18	5
Стрижнювальник	4	2	-	2	1,18	2
Вибивальник	3	-	2	2	1,18	2
Сумішоприготувач	4	1	-	1	1,18	2

Продовження таблиці 11.2

1	2	3	4	5	6	7
Обрубник	3	-	2	2	1,18	2
Терміст	4	2	2	4	1,18	5
Шліфувальник	3	2	2	4	1,18	5
Збиральник модельних блоків	5	2	2	4	1,18	5
Формувальник	4	2	2	4	1,18	5
Разом		17	18	35		43
ДОПОМІЖНІ РОБІТНИКИ						
Крановик	4	2	2	4	1,18	5
Вантажник	1	1	1	2	1,18	2
Сортувальник	2	-	2	2	1,18	2
Комірник	4	1	-	1	1,18	1
Різноробочий	2	1	1	2	1,18	2
Слюсар по ремонту тех. уст.	6	1	1	2	1,18	2
Слюсар по ремонту плав. уст.	5	1	1	2	1,18	2
Електромонтер	6	1	1	2	1,18	2
Разом		8	9	17		18
УПРАВЛІНСЬКИЙ ПЕРСОНАЛ ТА МОП						
Начальник цеху	-	1	-	1	-	1
Старший майстер	-	1	-	1	-	1
Майстер	-	2	2	4	-	5
Механік	-	1	-	1	-	1
Прибиральниця	-	2	-	2	-	2
Разом		8	3	11		10

11.1.4 Розрахунок фондів заробітної плати Витрати на оплату праці складаються з:

– основної заробітної плати;

– додаткової заробітної плати;

– інших заохочувальних та компенсаційних виплат.

Розрахунок фондів заробітної плати основних та допоміжних робітників наведено в табл. 11.3

Заробітна плата управлінського персоналу вираховується без розподілу її на основну та допоміжну, таблиця 11.4.

Загальний фонд заробітної плати складає:

1749878+ 681602 + 89000 = 2520480 грн

Таблиця 11.3 – Розрахунок фондів заробітної плати основних та допоміжних робітників

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Тарифна ставка, грн	Облік складу, осіб	Плановий фонд, роб., час	Основна заробітна плата, грн	Розрахунок додаткової плати				
						надбавки				Разом додатково зарплата
						Премія, 20 %	Особливі умови, 12%	Відпустка, 12%	Інші, 10%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ОСНОВНІ РОБІТНИКИ										
Шихтувальник	4	38	5	1840	539600	107920	64752	64752	53960	291384
Плавильник	5	40	5	1840	368000	73600	44160	44160	36800	198720
Заливальник	5	38	5	1840	349600	69920	41952	41952	34960	188748
Стрижнювальник	4	42	2	1840	154560	30912	18547	18547	15456	83462
Вибивальник	3	40	2	1840	147200	29440	17664	17664	14720	79488
Сумішоприготувальник	4	40	2	1840	147200	29440	17664	17664	14720	79488
Обрубник	3	42	2	1840	154560	30912	18547	18547	15456	83462
Терміст	4	38	5	1840	349600	69920	41952	41952	34960	188748
Шліфувальник	3	38	5	1840	349600	69920	41952	41952	34960	188748
Збиральник модельних блоків	5	40	5	1840	368000	73600	44160	44160	36800	198720
Формувальник	4	34	5	1840	312800	62560	37536	37536	31280	168912
Разом			43		3240720					1749878
ДОПОМІЖНІ РОБІТНИКИ										
Крановик	4	42	5	1840	386400	77280	46368	46368	38640	208656
Вантажник	1	40	2	1840	147200	29440	17664	17664	14720	79488
Сортувальник	6	34	2	1840	125120	25024	15014	15014	12512	67564
Комірник	2	36	1	1840	66240	13248	7948	7948	6624	35768
Різноробочий	4	36	2	1840	132480	26496	15897	15897	13248	71538
Слюсар по ремонту тех. уст.	2	34	2	1840	125120	25024	15014	15014	12512	67564
Слюсар по ремонту плав. уст.	6	38	2	1840	139840	27968	16780	16780	13984	75512
Електромонтер	5	38	2	1840	139840	27968	16780	16780	13984	75512
Разом			18		1262240					681602

Таблиця 11.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського персоналу

Посада	Місячний посад. оклад, грн	Чисельність, осіб	Загальний річний фонд зар. плати
Начальник цеху	13000	1	13000
Старший майстер	10000	2	20000
Майстер	9000	4	36000
Механік	8000	1	8000
Прибиральниця	6000	2	12000
Разом		10	89000

11.1.5. Розрахунок показника продуктивності праці

Продуктивність праці – це річний обсяг продукції, виробленої з розрахунку на одного працівника цеху.

$$P=G/n_{заг}, \quad (11.2)$$

де G – продуктивність роботи цеху, т/рік;

P – продуктивність праці, т/особу;

$n_{заг}$ – загальна кількість основних та допоміжних працівників і управлінського персоналу, осіб.

$$n_{заг} = 43 + 18 + 10 = 71 \text{ осіб} \quad (11.3)$$

$$P = 1500/71 = 21{,}127 \text{ т/особу}$$

11.2 Економічний розділ

11.2.1 Визначення обсягів капітальних вкладень в цех, що проектується

Величина капітальних вкладень (в грн) розраховується за формулою:

$$К = К_{уст} + К_{буд} + Кп + К_{осн} + К_{м} + К_{З} \quad (11.4)$$

де К – величина капітальних вкладень, грн.;

$К_{уст}$ – капітальні вкладення в необхідне устаткування; $К_{буд}$ – капіталовкладення в будівлі і споруди;

$К_{п}$ – капітальні вкладення в прилади ;

$К_{осн}$ – капіталовкладення в оснащення і інвентар;

$К_{м}$ – капіталовкладення в запаси матеріалів, палива, напівфабрикатів; $К_{З}$ –

капіталовкладення в заділи.

Капітальні вкладення в необхідне обладнання (в грн) розраховують за формулою:

$$К_о = К_т + К_{пт} + К_{ен} + К_{уп}, \quad (11.5)$$

де $К_0$ – капітальні вкладення в необхідне обладнання, грн.;

$К_т$ - капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

$К_{пт}$ - капіталовкладення в підйомно-транспортне устаткування;

$К_{ен}$ - капіталовкладення в енергоустаткування;

$К_{уп}$ - капіталовкладення в засоби управління і контролю.

Витрати на придбання, доставлення і встановлення одиниці необхідного устаткування розраховуються за допомогою наступної формули:

$$К = Ц(1+а_т+а_б+ а_м), \quad (11.6)$$

де К – витрати на придбання, доставлення і встановлення одиниці необхідного устаткування, грн.;

Ц – оптова або договірна ціна одиниці технологічного устаткування;

$а_т$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання устаткування (0,05... 0,1);

$а_б$ – коефіцієнт, який враховує будівельні роботи (0.02...0,08);

$а_м$ – коефіцієнт, який враховує витрати на монтажні роботи (0,05... 0,1).

Таблиця 11.5 – Розрахунок капітальних вкладень в устаткуваннях

Найменування та модель устаткування	Кількість, шт.	Вартість за од, грн	Загальна вартість грн	Витрати на монтаж та трансн, грн (10%)	Всього грн
1	2	3	4	5	6
ОСНОВНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ					
Електрогідравлічна установка 6А93	1	121750	121750	12175	133925
Індукційні печі ІЧТ-2.5	2	36000	72000	7200	79200
Гідролізер	1	13000	3250	325	3575
Змішувач	5	25200	126000	12600	129780
Стрижнева машина – ЛП061	1	20000	20000	2000	22000
Лінія формувальна Л220	1	184000	46000	4600	50600
Разом					427900
ДОПОМІЖНЕ УСТАТКУВАННЯ					
Вибивна гратка мод. 31211	1	6500	6500	650	7150
Термічна піч СНО 4,8	4	7140	7140	714	8658
Дробометний барабан 42223М	2	7530	15060	1506	16566
Заточувальний верстат	5	1750	10500	1050	9800
Змішувач для ХТС	1	5031	5031	503	5561
Аератор	1	2400	2400	240	2640
Стенд сушки ковшів	1	2000	2000	200	2200
Сушило	2	13230	26460	2646	29106
Разом		56441	75091	7509	82600
ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНЕ ОБЛАДНАННЯ					
Електромостовий, 10т	6	64640	387840	387	397536
Електромостовий, 5т	6	80260	481560	12039	493599
Стрічковий транспортер	30	37200	1116000	27900	1143900
Візок передавальний	20	1400	28000	700	28700
Разом		183500	2013400	50335	2214740
Разом по цеху					2725240

При розрахунку вартості транспортного устаткування на його монтаж і наладку додають витрати у розмірі 10 … 25% від його вартості [10].

Капітальні вкладення у виробничі будівлі та споруди визначаємо із площі цеху і нормативів вартості будівельних конструкцій та проводок.

Таблиця 11.6 – Капітальні вкладення у споруди

Елементи будівельно-монтажних робіт	Тип будівлі	Вартість робіт, грн/м^3	Об'єм будівлі, м^3	Розміри капіталовкладення
Приміщення	Виробничо побутові	500 / 400	30240 / 7128	1512009 / 285120
Водопостачання	Виробничо побутові	3,5 / 4,5	30240 / 7128	10184 / 3208
Каналізація	Виробничо побутові	3 / 10,5	30240 / 7128	9072 / 7484
Електропроводка	Виробничо побутові	5 / 6	30240 / 7128	15120 / 4277
Вентиляція	Виробничо побутові	7 / 8	30240 / 7128	21168 / 5702
Зовнішній благоустрій	Загальні	6		22421
Невраховані Витрати	Загальні	72,5		270418
Усього				2167074

Капітальні вкладення в пристрої складають 20% від вартості устаткування:

$$К_{пр} = 2725240 \cdot 0,2 = 545048 \text{ грн.}$$

Розмір обігових коштів, які необхідні для безперервної виробничої діяльності цеху, розраховуються за елементами:

– виробничі запаси сировини, матеріалів;

– готова продукція;

– інші елементи.

Розмір капітальних вкладень у виробничі запаси матеріалів розраховано за формулою:

$$К_з = М^{пл} \cdot n^3 / Т_{пл}, \quad (11.7)$$

де $К_з$ – розмір капітальних вкладень у виробничі запаси матеріалів, грн.;

$М^{пл}$ – суми витрат на матеріали даного різновиду у плановому періоді, грн;

n^3 – норма планового запасу матеріалів, днів; $Т_{пл}$ – кількість днів у плановому періоді.

Дані про суму витрат на матеріали зводимо до табл. 11.7.

Таблиця 11.7 – Визначення вартості річної потреби основних матеріалів

Назва матеріалу	Необхідна кількість, т	Вартість, грн/т	Вартість Загальна
Зворот власного виробництва	722,4	1600	1155840
Сталевий брухт	961,5	2130	2047995
Чавун переробний ПЛ-1	114,255	4100	468445,5
Феромарганець ФМн05	16,254	10125	164571,8
Феросиліцій ФС45	18,06	8000	144480
Алюміній А88	1,806	25000	45150
Разом	2403,9		4026482,3

Розмір капітальних вкладень у поточні виробничі запаси:

$$К_з = 4026482,3 \cdot 20 / 360 = 223693,4 \text{ грн.}$$

Величину резервного технологічного запасу беремо у розмірі 50% від вартості оцінки планового запасу.

$$К_{р.з} = 0,5 \cdot 207652,6 = 103826,3 \text{ грн.}$$

Сума оборотних коштів у незавершеному виробництві розраховується таким чином:

$$\sum_{об.} К_{у.п.в.} = В_{пл} \cdot Т_{д} \cdot К_{нв} / Т_{пл}, \quad (11.8)$$

де $\sum_{об.} К_{у.п.в}$ – сума оборотних коштів у незавершеному виробництві, грн.;

$В_{пл}$ – виробництво товарної продукції у плановому періоді за виробничою собівартістю, грн.,

$Т_{д}$ – тривалість циклу виготовлення продукції, днів.

$$\sum_{об.} К_{у.п.в.} = 3737746,6 \cdot 2 \cdot 0,8 / 360 = 16612,2 \text{ грн.}$$

Вартість всіх інших елементів оборотних коштів складає близько 25% від вартості планового запасу матеріалів.

$$К_{ост} = 0,25 \cdot 207652,6 = 51913,1 \text{ грн.}$$

Сумарний розмір оборотних коштів складає:

$$207652,6– 103826,3 + 16612,2 + 51913,1 = 172351,6 \text{ грн.}$$

Після цього загальні номінальні вкладення наведені в табл. 11.8.

Таблиця 11.8 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капітальних вкладень	Вартість	
	тис. грн	%
Будівлі виробничі та побутові	2167074	38,5
Основне устаткування	427900	7,5
Допоміжне устаткування	82600	1,5
Підйомно – транспортне устаткування	2725240	49,4
Нормативні оборотні кошти	172351,6	3,1
Загалом у виробничі фонди	5575165,6	100

11.3 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Розрахунок проводимо згідно з переліком калькуляційних статей цехової собівартості:

– витрати силової електроенергії в кВт*год/рік на виконання виробничих операцій визначаємо:

$$E_c = (M_y \cdot F_E \cdot K_{з.в} \cdot K_{з.н} \cdot K_o) / K_c \cdot n, \quad (11.9)$$

де E_c – витрати силової електроенергії, кВт год/рік;

M_y – сумарна потужність електродвигунів, кВт;

F_E – ефективний фонд часу роботи електродвигунів за рік, год; $K_{з.в}$ – коефіцієнт завантаження електродвигунів за часом;

K_o – коефіцієнт одночасної роботи двигунів; $K_{з.н}$ – коефіцієнт завантаження за потужністю;

K_c – коефіцієнт завантаження електродвигунів з розрахунком витрат електроенергії;

n = 0,95.

$$E_c = (13060 \cdot 3800 \cdot 0,51 \cdot 1 \cdot 0,6) / (0,65 \cdot 0,95) = 24592984,6 \text{ кВт год/рік}$$

Кількість електроенергії для освітлення приміщень:

$$E_o = (C \cdot M_{ср} \cdot F_E \cdot K_c) /1000 \quad (11.10)$$

де E_0 – кількість електроенергії для освітлення приміщень, кВт год/рік

C – кількість ліхтарів, од.;

$M_{ср}$ – середня потужність одного ліхтаря, кВт;

F_E – ефективний фонд часу роботи ліхтаря за рік, год

$$E_o = M_n \cdot F_E \cdot n,$$

$$E_o = 3954 \cdot 0,95 \cdot 335700 = 1260989910 \text{ кВт} \cdot \text{т/рік}.$$

Визначаємо вартість електроенергії, враховуючи вартість 1 кВт · год електроенергії, яка складає 2,4833 коп.

$$C_E = (24592984,6 + 360311 - 1260989910) \cdot 2,4833 = 306945,72 \text{ грн}.$$

Вартість стисненого повітря для кожної одиниці устаткування визначається:

$$n = K_n \cdot P \cdot F_e \cdot k_1 \cdot K_3, \text{ м}^3/\text{год}, \qquad (11.11)$$

де n – вартість стисненого повітря для кожної одиниці устаткування, $м^3$/год;

K_n – коефіцієнт, який враховує витрати повітря в трубопроводах; P – витрати повітря за годину, $м^3$;

k_1 – коефіцієнт використання повітря;

K_3 – коефіцієнт завантаження приміщення;

$$n = 1,5 \cdot 1980 \cdot 3800 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 9593100 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрати на стиснуте повітря ведемо з розрахунку 26 грн. за 100 $м^3$:

$$C_п = 9820 \cdot 26 = 255320 \text{ грн}.$$

Кількість води, що витрачається визначаємо з розрахунку 100 $м^3$/год на технологічні та побутові потреби: 200 л на один кран, 500 л на одну сітку душа, 45 л на одну особу за зміну (господарчі потреби), 3 л на полив 1 $м^3$ підлоги на добу.

Газ для сушіння ковшів і піску: Середні витрати 220 $м^3$/год. Загальні витрати:

$$Q_г = 220 \cdot 3800 = 836000 \text{ м}^3.$$

Вартість газу визначаємо з розрахунку 5756грн. за 1000 м^3, вона дорівнює:

$$5756 \cdot 83,6 = 481206 \text{ грн.}$$

– витрати на допоміжні матеріали поділяються на:

а) витрати на матеріали для технологічного процесу складають 3070180 грн;

б) витрати на матеріали для експлуатації устаткування 3529200грн.;

– витрати на утримання в робочому стані та ремонт устаткування приймаються у розмірі 10...20% від його балансової вартості:

$$2725240 \cdot 0,12 = 327028 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт будівель та споруд складають 2% від їх вартості.

$$2725240 \cdot 0,02 = 54504 \text{ грн.}$$

– розрахунок річних амортизаційних відрахувань представлено у табл. 11.10.

Таблиця 11.9 – Визначення витрат на воду

Напрям витрачення	Кількість од. обл.	Фонд часу, год	Норма витрат води, м^3/год	Річні витрати, м^3/год	Ціна за 1 м^3, грн	Вартість, грн
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОТРЕБИ						
Печі ДСП-1,5	2	3720	2,4	17856	22,9	408902.4
ПОБУТОВІ ПОТРЕБИ						
Мийка	-	1840	0,6	1104	22,9	25281.6
Душові	-	172	3,0	517,5	22,9	11850.75
Питна вода	-		0,6	337,5	22,9	7728.75
Підлога	-		3,0	959	22,9	21961
Разом						475724.5

Таблиця 11.10 – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Групи основних фондів	Вартість елементів основних засобів, грн	Роки експлуатації	Амортизаційні відрахування, грн
Будівлі та споруди	2167074	50	43341
Основне та допоміжне устаткування	2725240	20	136262
Оснастка та інвентар	42790	3	14263
Разом			193866

– транспортні засоби:

$$12 \cdot 3024 = 36288 \text{ грн.}$$

– витрати, пов'язані з забезпеченням охорони праці та техніки безпеки складають приблизно 30 грн. на кожного працівника:

$$228 \cdot 30 = 6840 \text{ грн.}$$

– поштово – телеграфні витрати визначаємо з розрахунку 50 грн. на одного службовця:

$$31 \cdot 50 = 1550 \text{ грн.}$$

– витрати на дослідження та випробовування слід приймати рівними 5% від основної заробітної плати основних робітників:

$$2520480 \cdot 0{,}05 = 126024 \text{ грн.}$$

– витрати на винахідництво та раціоналізацію приймаються рівними 40 грн. на кожного працівника:

$$228 \cdot 40 = 9120 \text{ грн.}$$

– інші невраховані витрати можна приймати рівними 2 … 8 грн. на тонну литва:

$$5 \cdot 3024 = 15120 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку загально виробничих цехових витрат зводимо до табл. 11.11.

Таблиця 11.11 – Загальні виробничі витрати по цеху

Найменування статті витрат	Сума, тис грн
Заробітна плата (основна та додаткова): 1. 1 – допоміжних працівників 1. 2 – управлінського персоналу 1.3 – Єдиний соціальний внесок	 802 354 446,9
Енергетичні витрати: 2.1 – електроенергія 2. 2 – стиснене повітря 2. 3 – вода 2. 4 – газ	 165,7 255,32 220,4 4812,1
Допоміжні матеріали 3. 1 – матеріал для здійснення технологічного процесу 3. 2 – матеріали для експлуатації устаткування 3. 3 – матеріали для цехових потреб	 3070,18 3529,2 1002,14
Ремонт та утримання в робочому стані 4. 1 – устаткування 4.2 – будівлі 4.3 – інвентарю	 110,8 53 4,6
Амортизація: 5.1 – устаткування 5.2 – будівлі 5.3 – інвентарю	 136262 43341 14263
Транспортні витрати	36,2
Витрати на дослідження, випробування	224,7
Витрати на охорону праці	6,8
Витрати на винахідництво та раціоналізацію	9,1
Поштово – телеграфні та канцелярські витрати	1,55
Інші витрати	15
Разом	209211

Таблиця 11.12 – Планова калькуляція собівартості 1 т рідкого металу та придатної продукції

Найменування статей витрат	%до металозавалки	Кількість на 1 т виливків, кг	Планова ціна за 1 т, грн	Вартість на 1 т, грн
1. Металева шихта: – сталевий брухт – зворот власного виробництва – чавун переробний ПЛ1 – феросиліцій ФС45 – феромарганець ФМн 1,5 – алюміній А88 для розкислення	 40 52 6 1,0 0,9 0,1	 641,04 833,4 96,1 16,02 14,4 1,6	 2130 1600 4100 8000 10125 25000	 1365,4 1333,4 394,0 128,16 145,8 40
Разом	100	1602,6	-	3406,76
Угар Загалом рідкого металу	4 96	64,1 1538,5	- -	 3214,56
2. Відходи власного виробництва		538,5	1600	-861,6
Разом				2352,96
3. Флюс універсальний		65	5700	370,5
4.Заробітна плата плавильників, заливальників, шихтувальників та ін. а) основна б) додаткова				 2160,48 1166,59
5. Єдиний соціальний внесок				731,95
6. Енергоносії				106,05
7. Загальновиробничі витрати				1027,6
8. Витрати від браку				106,5
Разом (цехова собівартість) :				11058,89

11.4 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для порівняння варіантів технічних рішень застосовуємо такі показники економічної ефективності.

1 – трудомісткість продукції:

$$t = Ч_{осн} \cdot Ф^{пл}/Q, \quad (11.12)$$

де t – трудомісткість продукції, нормо · год/т;

$Ч_{осн}$ – чисельність основних робітників, осіб;

$Ф^{пл}$ – плановий час роботи робітника за рік, год;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, т.

$$t = 48 \cdot 1840 / 1500 = 58.88 \text{ нормо} \cdot \text{год/т}$$

Період окупності капітальних витрат:

$$П_{ок} = (К_{заг} /ГП_р) < П^н \ , \quad (11.13)$$

де: $П_{ок}$ – період окупності капітальних витрат, років;

$ГП_р$ – річна сума грошового потоку, грн.,

$П^н$ – нормативний період окупності (3...5 років).

$$ГП_р = 0,82 \cdot (Ц – С_п) \cdot Q + \sum А, \quad (11.14)$$

де $ГП_р$ – грошовий потік,

– коефіцієнт частки чистого прибутку; Ц – ринкова ціна продукції;

$С_п$ – повна собівартість продукції;

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

За даними заводу – аналога, повна собівартість продукції, яка включає крім цехової собівартості ще і адміністративні витрати та позавиробничі витра- ти на маркетинг та збут, на 38% перевищує цехову собівартість [10].

$$С_п = 11058,89 \cdot 1,38 = 15261,26 \text{ грн},$$

$$ГП_р = 0,82 \cdot (18772,08 – 15261,26) \cdot 1500 + 193,866 = 4512174.6 \text{ грн},$$

$$П_{ок} = 44290000/4512174.6 = 9,8 \text{років}.$$

Перелік типових порівняльних техніко - економічних показників наведений у табл. 11.13.

Таблиця 11.13 – Типові порівняльні ТЕП

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення за варіантами	
		базовий	Спроектований
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції	т	5000	7000
2. Загальна площа цеху	$м^2$	11024	14284
3. Виробнича площа цеху	$м^2$	10760	13824
4. Загальна чисельність працівників у т. ч.:	осіб	61	71
4.1 Основних	осіб	32	43
4.2 Допоміжних	осіб	16	18
4.3 Управлінський персонал	осіб	13	10
5.Середньомісячний заробіток одного працівника	грн.	5600	8500
6. Продуктивність праці на рік	т/осіб	5,6	21,1
7. Повна собівартість однієї тонни продукції	грн. / т	12670	15261,26
8. Період окупності	рік	-	9,8

12 БІЗНЕС-ПРОЕКТ

12.1 Команда

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Інститут матеріалознавтства та зварювання ім. Є.О. Патона. Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів.

Лідер команди: Ямшинський М.М. (д.т.н., доц.)

Генератор ідей: Ямшинський М.М. (д.т.н., доц.)

Виконавці: Живцов В.А. (студент)

12.2 Назва проекту

«Ливарний комплекс машинобудівного заводу з розробленням технологій виготовлення виливків різними способами лиття».

12.3 Короткий опис проекту

Розроблено ливарний комплекс призначений для технологічні процеса виготовлення сталевих виливків "Ролик" та "Фланець важеля", методом лиття у піщано-глинясті форми та литтям, за моделями, що витоплюються.

Предмет проектування – технологія ливарної форми, планування і організація роботи ливарного комплексу; розроблення ефективного виробничого циклу; проектування інерційної видивальної рещітки.

Результати проектування – розроблено технологію ливарної форми,виконано технічне планування комплексу, спроектовано інерційну вибивну рещітку.

Також розробляються питання вибору оптимальних технологічних процесів, раціонального компонування ливарного комплексу, розташування дільниць та вибору високопродуктивного устаткування для оптимізації продуктив

ності, енерговитрат, праце місткості виробництва. Обираються раціональні способи організації вантажопотоків комплексу, вибору транспортного обладнання, зберігання матеріалів Результати проектування можуть бути рекомендовані для впровадження при виробництві дрібних (до 100 кг) виливків середньої складності в умовах серійного виробництва.

12.4 Бізнес-модель

12.4.1 Цінний продукт

Виготовлення литих деталей, як за стандартною номенклатурою (кронштейн, корпус, кришка, блок і т.д.), так і за індивідуальним замовленням.

12.4.2 Сегмент споживачів

Споживачі ринку воєнного машинобудування. Аукціонерне товариство Укроборонпром.

12.4.3 Канали збуту

Використовуються закриті канали збуту. Безпосередній контакт з потенційними покупцями через візити. Контакт через тематичні та галузеві виставки та конференції.

12.4.4 Дохід (монетизація)

Отримання доходу з продажу готових виробів основної номенклатури та індивідуальних замовлень, та ремонту воєнної та легкої бронетехніки.

12.4.5 Ключові види діяльності

Виробництво та випробування виробів, техніки. Наукова діяльність. Маркетингова діяльність. Оборонна діяльність.

12.4.6 Ключові ресурси

Матеріальні – шихтові матеріали, формувальні матеріали, феросплави. Технологія виробництва. Охоронні документи (патенти). Науково-технічні працівники.

12.4.7 Ключові партнери

Підприємство, яке надає виробничу базу: ливарний цех. Партнери з надання логістичних та маркетингових послуг: оптимізація та просування сайтів «SEOOWL», «Аналітікс Плюс», «DELPOST». Постачальники сировини та енергоресурсів для виробництва: ТОВ «Ливарні матеріали ЛТ», ТОВ «МЕТ-ПРОМСЕРВИС», АТ "ОЗММ", ТОВ «ЗТМК».

12.4.8 Витрати

Витрати на оренду промислових потужностей. Витрати на ресурсозабезпечення, логістику, маркетинг, підтримку інтернет-ресурсів.

12.9 Елементи фінансового плану

12.9.1 Опис бізнес-проекту

Мета проекту – отримання прибутку шляхом продажу виробів, виготовлених за розробленою технологією, які працюють в напружених умовах. Актуальність проекту – литі заготовки використовуються більшістю галузей промисловості. Маса литих деталей в машинах складає в середньомувід 40 до 80 %, а вартість і трудомісткість їх виготовлення - приблизно 25 % всіх витрат на виріб. Литі заготовки за розмірами та конфігурацією в найбільшій мірі наближаються до готових деталей, а об’єм їх механічного оброблення менший, ніж заготовок, отриманих іншими методами виробництва.

12.9.2 Фінансовий план

На поточному етапі існування проекту фінансовий план у необхідному обсязі не прораховувався. Однак, розраховано, що заплановані інвестиції для впровадження у виробництво та виробництва готових виробів в межах одного підприємства-виробника становлять:

– оренда промислової потужності: 2000 $

– відпрацювання технології в умовах виробництва: 3000 $

– ресурсо-забезпечення: 10 000 $

– затрати на логістику, маркетинг, з/п: 5000 $

Поточна ситуація по проекту:

– проект на стадії відпрацювання та удосконалення технології в лабораторних умовах;

– в наявності є дослідні зразки;

12.9.3 Резюме

Проект призначений для вирішення проблеми оптимально технологічних процесів, раціонального компонування ливарного комплексу, розташування дільниць та вибору високопродуктивного устаткування для оптимізації продуктивності, енерговитрат, праце місткості виробництва. Вибрані раціональні способи організації вантажопотоків комплексу, вибору транспортного обладнання, зберігання матеріалів.

Заплановані інвестиції для впровадження у виробництво на Прат «ВЛКЗ» підприємстві становлять 21 000 $.

ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проекту було розроблено процес виготовлення виливків «Фланець важеля» зі сплаву АК12 способом лиття, за моделями, що витоплюються та «Ролик» за допомогою лиття в разові піщано-глинясті форми.

Спроектоване підприємство розраховане на випуск 7000 т придатних виливків на рік, з яких 2000 т виділяється для першого способу та 5000 т для іншого. Також враховано і кількість металу, який використаний на ливники,брак та інше і складає 10% від програми випуску на рік.

Для коректної роботи ливарного цеху було підібрано оптимальне устаткування для обробки виливків, які виготовлялися за двома способами литва (лиття в разові піщані форми(I) та за моделями, що витоплюються(II)).

Проведено аналіз та покращення організаційної та економічної складової підприємства.

За результатами проекту відомо,що підвищується вихід придатного литва, знижено затрати часу на обробку виливків за допомогою коректного підбору устаткування ливарного цеха.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «магистр».. Напрям підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво /Уклад.: Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М. Сиропошнєв, М.М. Ямшинський. – К.: «Політехніка», 2011. – 67с

2. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко [та ін.]. — К.: НТУУ «КПІ», 2011. — 588 с.

3. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов.– М: Машиностроение – 1977. – 510 с.;

4. Справочник литейщика: Общие сведения по литью./Под ред. Н.Н. Рубцова. - М.: Машгиз, 1962. - 524 с.

5. Дорошенко С.П., Федоров Г.Є. Модельна оснастка для виробництва виливків у піщаних формах: Навч. посіб. - К.: ІВЦ «Політехніка», 2003. - 112 с.

6. Справочник литейщика: Общие сведения по литью./Под ред.Н.Н. Рубцова. - М.: Машгиз, 1962. - 524 с.

7. Могилев В.К, Лев О.И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.

8. Справочник сталей и сплавов/М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей ред. А.С. Зубченко - М.: Машиностроение, 2001. - 672 с.

9.http://delta-grup.ru/bibliot/22/136.htm

10.http://ela.kpi.ua/images/stories/diplomi/diplom_2020/Shevchuk.pdf

ДОДАТКИ

					ФЛ91мп.9102.1110.0000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Живцов В.А			Додатки	Літ.	Арк. 108 / Аркушів 115
Перевір.		Ямшинський М.М.					
Н. Контр.						НТУУ «КПІ»,ІМЗ, ФЛ-91мп	
Затверд.							

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Документація		
А0			ФЛ91мп.9102.1110.0001	Ливарний цех машино-		
				будівного заводу		
				потужністю 7000 т		
				придатних виливків на рік		
				Складальні одиниці		
		1	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Склад сирого піску	2	200 м^2
		2	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Полігональне сито	4	
		3	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Елеватор	1	
		4	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Камерний насос	4	
		5	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Кран мостовий Q = 5 т	9	
		6	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Закрома для шихти АК12	4	
		7	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Закрома для шихти СЧ20	6	
		8	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Дозатор	6	
		9	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Індукційнв піч ІАТ-0,4	4	
		10	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Котковий змішувач для приготув.		
				футерувальної маси	1	
		11	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Стенд для сушки ковшів	3	
		12	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Індукційнв піч ІЧТ-2,5	3	
		13	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Автоматична лінія для КЛ2002	1	
		14	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Котковий змішувач 15108	2	
		15	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Лопатевий змішувач для ХТС	2	
		16	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Бункер свіжого піску	2	
		17	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Бункер відпрацьованої суміші	2	
		18	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Машина стрижнева	1	
		19	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Установка 662А для приготування		
				модельного складу	1	
		20	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Машина для виготовлення модель-		
				них блоків моделі 653	1	
		21	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Лінія для виготовлення керамічних		
				блоків моделі 668	1	

					ФЛ91.9102.1110.0001
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	
Розробив		Живцов В.А.			Ливарний цех машинобудівного заводу потужністю 7000 т придатних виливків на рік
Перевірив		Ямшинський М.М			
Н. контр.		Лютий Р.В.			
Затвердив					

Літ.	Аркуш	Аркушів
	110	*115*

НТУУ «КПІ», ІФФ

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
		22	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Установка для виготовлення		
				вогнетривкої обмазки моделі 661	1	
		23	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Агрегат моделі 675	1	
		24	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Пневмовібратор	1	
		25	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Ванна для вилуговування	1	
		26	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Мийна камера	1	
		27	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Обдирально-шліфувальний		
				стаціонарний верстат	4	
		28	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Галтувальний барабан періодичної		
				дії 312	1	
		29	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Сушарка типова	1	
		30	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Піч термічна СДО 4.5.3/11	2	
		31	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Підвісний заточувальний верстат	1	
		32	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Дробометний барабан періодичної		
				дії моделі 42223	1	
		33	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Дискова пилка	2	
		34	ФЛ91мп.9102.1110.0001	Газовий різак	2	

№	Формат	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Документація		
	A1		ФЛ91мп.9102.1110.0004	Прес-форма		
				Складальні одиниці		
		1	ФЛ91мп.9102.1110.0004	Верхня частина прес-форми	1	
		2	ФЛ91мп.9102.1110.0004	Нижня частина прес-форми	1	
		3	ФЛ91мп.9102.1110.0004	Отвір для запресовки воску	1	
		4	ФЛ91мп.9102.1110.0004	Виштовхувач	2	
		5	ФЛ91мп.9102.1110.0004	Штир центрувальний	2	
		6	ФЛ91мп.9102.1110.0004	Штир кріплення	2	

					ФЛ91мп.9102.1110.0004	
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		
Розробив		Живцов В.А.			Прес-форма	Літ. / Аркуш: 112 / Аркушів: 115
Перевірив		Ямшинський М.М				
Н. контр.		Лютий Р.В.				НТУУ«КПІ», ,ІМЗ, ФЛ-91мп
Затвердив						

№	Формат	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Документація		
	A1		ФЛ91мп.9102.1110.0005	Форма в зборі		
				Складальні одиниці		
		1	ФЛ91мп.9102.1110.0005	Контейнер	1	
		2	ФЛ91мп.9102.1110.0005	Плівка	1	
		3	ФЛ91мп.9102.1110.0005	«Постіль» з сухого піску		
		4	ФЛ91мп.9102.1110.0005	Блок моделей		
		5	ФЛ91мп.9102.1110.0005	Наповнювач		
		6	ФЛ91мп.9102.1110.0005	Цапфа	2	
		7	ФЛ91мп.9102.1110.0005	Штуцер	1	

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ФЛ91мп.9102.1110.0005		
Розробив		Живцов В.А.			Форма в зборі	Літ.	Аркуш 113 / Аркушів 115
Перевірив		Ямшинський М.М					
Н. контр.		Лютий Р.В.				НТУУ«КПІ», ,ІМЗ, ФЛ-91мп	
Затвердив							

№	Формат	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Документація		
	A1		ФЛ91мп.9102.1110.0009	Модельна плита з моделлю низу		
				Складальні одиниці		
		1	ФЛ91мп.9102.1110.0009	Нижня плита	1	
		2	ФЛ91мп.9102.1110.0009	Модель ЛС	1	
		3	ФЛ91мп.9102.1110.0009	Модель виливка	2	
		4	ФЛ91мп.9102.1110.0009	Втулка направляюча	4	
		5	ФЛ91мп.9102.1110.0009	Болт	4	
		6	ФЛ91мп.9102.1110.0009	Штир центруючий	1	
		7	ФЛ91мп.9102.1110.0009	Втулка центруюча	1	

					ФЛ91мп.9102.1110.0009	
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		
Розробив		Живцов В.А.			Модельна плита з моделлю низу	Літ. / Аркуш / Аркушів
Перевірив		Ямшинський М.М				114 / 115
Н. контр.		Лютий Р.В.				НТУУ«КПІ», ,ІМЗ, ФЛ-91мп
Затвердив						

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Документація		
А1			ФЛ91мп.9102.1110.0010	Дробометний барабан періо-		
				дичної дії моделі 42223		
				Складальні одиниці		
		1	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Ківш підйомний	1	
		2	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Канат	1	
		3	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Направляюча	1	
		4	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Каркас підйомника	1	
		5	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Привід ковша	1	
		6	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Камера	1	
		7	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Уловлювач	1	
		8	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Апарат дробометний	1	
		9	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Сепаратор	1	
		10	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Елеватор верхня частина	1	
		11	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Елеватор середня частина	1	
		12	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Труба для відходів	1	
		13	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Механізм опускання дверей	1	
		14	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Елеватор нижня частина	1	
		15	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Живильник	1	
		16	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Затвор секторний	1	
		17	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Опора валу	1	
		18	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Клинопасова передача	1	
		19	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Дверцята	1	
		20	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Диск торцевий	2	
		21	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Під стрічковий	1	
		22	ФЛ91мп.9102.1110.0010	Шнек	1	

					ФЛ91мп.9102.1110.0010
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	
Розробив		Живцов В.А.			Дробометний барабан періодичної дії моделі 42223
Перевірив		Ямшинський М.М			
Н. контр.		Лютий Р.В.			
Затвердив					

Літ.	Аркуш	Аркушів
	115	*115*

НТУУ «КПІ», ІМЗ, ФЛ-91мп