

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

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

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**  
**на здобуття ступеня бакалавра**  
**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси**  
**лиття» спеціальності 136 «Металургія»**  
**на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення**  
**виливка «Бойок буфера» та організація роботи відділення фінішних**  
**операцій ливарного цеху»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ФЛ-91

Заєць Данило Олегович

Керівник:

доцент, к.т.н., доцент

Гурія Ірина Миранівна

Консультант з охорони праці:

професор, д.т.н., професор

Левченко Олег Григорович

Консультант з економічної частини:

доцент, к.е.н.,

Нараєвський Сергій Вікторович

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові

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

Студент \_\_\_\_\_

# ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

| № з/п | Формат | Позначення             | Найменування                                   | Кількість<br>листів | Примітка |
|-------|--------|------------------------|------------------------------------------------|---------------------|----------|
| 1     | A4     | ФЛ91.9103.1110.0000 ДП | Завдання на дипломний проект                   | 2                   |          |
| 2     | A4     | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Пояснювальна записка                           | 87                  |          |
| 3     | A1     | ФЛ91.9103.1110.0001    | Планування відділення                          | 1                   |          |
| 4     | A1     | ФЛ91.9103.1110.0002    | Технологія виготовлення виливка «Бойок буфера» | 1                   |          |
| 5     | A1     | ФЛ91.9103.1110.0003    | Пресформа для виготовлення моделі              | 1                   |          |
| 6     | A1     | ФЛ91.9103.1110.0004    | Форма збірна                                   | 1                   |          |
| 7     | A1     | ФЛ91.9103.1110.0005    | Дробеметний барабан                            | 1                   |          |
|       |        |                        |                                                |                     |          |
|       |        |                        |                                                |                     |          |
|       |        |                        |                                                |                     |          |
|       |        |                        |                                                |                     |          |
|       |        |                        |                                                |                     |          |

|             |            |       |      |                                    |                                                    |        |
|-------------|------------|-------|------|------------------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | ПІБ        | Підп. | Дата | ФЛ91.9103.1110.0000 ДП             |                                                    |        |
| Розробн.    | Засць Д.О. |       |      | Відомість<br>дипломного<br>проекту | Лист.                                              | Листів |
| Керівн.     | Гурія І.М. |       |      |                                    |                                                    |        |
| Консультант |            |       |      |                                    | КПІ ім. Ігоря Сікорського,<br>ІМЗ, ЛВ<br>Гр. ФЛ-91 |        |
| Н/контр.    |            |       |      |                                    |                                                    |        |
| Зав.каф.    |            |       |      |                                    |                                                    |        |

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

Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання ім.

Є.О. Патона

Кафедра ливарного виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 136 «Металургія»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Зайцю Данилу Олеговичу**

1. Тема проєкту «Розроблення технології виготовлення виливка «Бойок Буфера» та організація роботи відділення фінішних операцій ливарного цеху», керівник проєкту Гурія Ірина Миранівна, затверджені наказом по університету від «1» червня 2023 р. № 2122-с

2. Термін подання студентом проєкту 14 червня 2023р.

3. Вихідні дані до проєкту: 3.1 Матеріали переддипломної практики. 3.2 Література за темою дипломного проєкту. 3.3 Номенклатура виливків ливарного цеху. 3.4 Потужність ливарного цеху 5000 тонн придатних виливків на рік.

4. Зміст пояснювальної записки: 4.1 Вступ. 4.2 Аналіз виробничої програми. 4.3 Структура цеху. 4.4 Режим роботи та фонди часу. 4.5 Розрахунок відділення фінішних операцій. 4.6 Технологія виробництва. 4.7 Проектування ливарного устаткування 4.8 Організаційно - економічна частина проєкту. 4.9 Охорона праці. 4.10 Висновки.

---

5. Перелік графічного матеріалу: 5.1 Технологія виготовлення виливка «Бойок Буфера» (2 аркуші). 5.2 Пресформа для виготовлення моделі. 5.3 Дробеметний барабан. 5.4 Планування відділення фінішних операцій. 5.5 Техніко-економічні показники.

#### 6. Консультанти розділів проекту

| Розділ             | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                    |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Економічна частина | Нарасівський С.В., доцент                 |                |                  |
| Охорона праці      | Левченко О.Г., професор                   |                |                  |

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 15.04.2020 \_\_\_\_\_

#### Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту                        | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз виробничої програми                                       | 26.04.2023                      |          |
| 2     | Режими роботи цеху і фонди часу роботи устаткування і робітників | 03.05.2023                      |          |
| 3     | Проектування відділення фінішних операцій                        | 10.05.2023                      |          |
| 4     | Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка          | 17.05.2023                      |          |
| 5     | Проектування ливарного устаткування                              | 24.05.2023                      |          |
| 6     | Організаційно-економічна частина                                 | 31.05.2023                      |          |
| 7     | Охорона праці                                                    | 05.06.2023                      |          |

Студент

Заєць Данило Олегович

Керівник

Гурія Ірина Миранівна

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Розроблення технології виготовлення**  
**виливка «Бойок Буфера» та організація роботи**  
**відділення фінішних операцій ливарного цеху»**

Київ – 2023 року

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з: 93 стор.; 7 рис.; 35 табл.; 12 посилань. У проекті проектується відділення фінішних операцій, який є частиною ливарного цеху потужністю 5000 тонн придатних виливків на рік із такого металу як сплави марок СЧ350, 35Л та 40ХЛ. Розробляється технологічний процес виготовлення виливка «Бойок буфера» зі сталі 40ХЛ (ДСТУ 8781-2018) масою 0,27 кг за литтям за моделями, що витоплюються.

Була розроблена технологія виливки "Бойок буфера" для лиття за витоплюваними моделями. Також було проведено технічне планування відділення фінішних операцій та ливарного устаткування.

При проектуванні відділення було проведено аналіз потреби устаткування, виконано розрахунок організаційних та економічних факторів. Це включало обчислення заробітної плати для основних та допоміжних працівників, амортизаційних витрат на устаткування та енергетичних ресурсів, які використовуються для прискорення виробничого процесу.

Враховуючи нормативні документи, були вжиті всі необхідні заходи для забезпечення безпеки працівників та збереження екологічності навколишнього середовища. Для цього було встановлено запобіжні засоби біля устаткування та притяжні витяжки в конструкції будівлі та безпосередньо в відділенні фінішних операцій.

ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ, ДРОБОМЕТНИЙ БАРАБАН,  
ПОРІВНЯЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ПРЕС-ФОРМА  
ФОРМА ЗІБРАНА

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Піппис | Лата |                        | 6   |

## ABSTRACT

The diploma project consists of: 93 pages; 7 figures; 35 tables; 12 references. The project envisages a department of finishing operations, which is part of a foundry with a capacity of 5,000 tons of suitable castings per year from such metal as alloys of the brands CЧ350, 35Л and 40HL. The technological process of manufacturing the "Buffer Striker" casting from steel 40HL (DSTU 8781-2018) with a weight of 0.27 kg by casting according to models that are heated is being developed.

The technology of casting "Boyok buffer" was developed for casting according to fused models. Technical planning of the finishing operations department and foundry equipment was also carried out.

During the design of the department, an analysis of the equipment needs was carried out, and the calculation of organizational and economic factors was carried out. This included calculating wages for primary and support workers, depreciation costs for equipment, and energy resources used to speed up the production process.

Taking into account regulatory documents, all necessary measures were taken to ensure the safety of employees and preserve the ecological environment. For this, safety devices were installed near the equipment and draft hoods in the building structure and directly in the finishing operations department.

DEPARTMENT OF FINISHING OPERATIONS, SHOTGUN DRUM, COMPARATIVE TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS, PRESS FORM, THE FORM IS COLLECTED

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Анк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Анк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 7   |

## ЗМІСТ

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                     | 10 |
| 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....                                              | 11 |
| 1.1 Виробнича програма.....                                                    | 11 |
| 1.2 Аналіз виробничої програми.....                                            | 13 |
| 2 СТРУКТУРА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ.....                                                | 15 |
| 3 РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ.....                                              | 17 |
| 4 ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ.....                               | 20 |
| 5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА.....                                                  | 25 |
| 5.1 Загальна характеристика литої деталі.....                                  | 25 |
| 5.2 Вибір славу та його характеристики.....                                    | 26 |
| 5.3 Сутність процесу лиття за моделями, що витоплюються.....                   | 27 |
| 5.4 Вибір модельного складу.....                                               | 28 |
| 5.5 Вибір матеріалів вогнетривкої оболонки.....                                | 30 |
| 5.6 Розрахунок припусків на механічну роботу.....                              | 33 |
| 5.7 Розрахунок ливникової системи.....                                         | 34 |
| 5.8 Розрахунок розмірів моделі та пресформи.....                               | 36 |
| 5.9 Шихтові матеріали та їх підготовка.....                                    | 39 |
| 5.10 Вибір плавильного агрегату.....                                           | 41 |
| 5.11 Вибір технології вибивання форм і фінішних операцій.....                  | 44 |
| 5.12 Відокремлення елементів ливникової системи від виливків.....              | 44 |
| 5.13 Контроль виливків.....                                                    | 44 |
| 6 ПРОЕКТУВАННЯ ДРОБОМЕТНОГО БАРАБАНУ.....                                      | 52 |
| 6.1 Конструкція і робота машини.....                                           | 52 |
| 6.2 Розрахунки основних технологічних та конструктивних параметрів машини..... | 54 |
| 6.3 Догляд за машиною.....                                                     | 58 |
| 6.4 Техніка безпеки при роботі з машиною.....                                  | 60 |
| 7 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ.....                                | 62 |

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        | 8   |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        |     |

|     |                                                                                    |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1 | Визначення капітальних вкладень у проект відділення виготовлення моделей цеху..... | 62 |
| 7.2 | Визначення чисельності робітників та витрат на заробітну плату.....                | 64 |
| 7.3 | Розрахунок продуктивності праці на дільниці.....                                   | 69 |
| 7.4 | Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення..                | 69 |
| 8   | ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                                                 | 71 |
| 8.1 | Вступ.....                                                                         | 71 |
| 8.2 | Правові та організаційні питання охорони праці на підприємстві.....                | 72 |
| 8.3 | Аналіз параметрів приміщення.....                                                  | 72 |
| 8.4 | Аналіз мікроклімату відділення фінішних операцій.....                              | 73 |
| 8.5 | Аналіз освітленості приміщення.....                                                | 74 |
| 8.6 | Шум і вібрація.....                                                                | 75 |
| 8.7 | Аналіз загазованості та запиленості.....                                           | 77 |
| 8.8 | Електробезпека.....                                                                | 77 |
| 8.9 | Пожежна безпека.....                                                               | 79 |
|     | ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....                                                             | 83 |
|     | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....                                                              | 84 |

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докum. | Піппис | Лата |                        | 9   |

## ВСТУП

Ливарне виробництво в машинобудуванні є надзвичайно важливою галуззю. Лиття використовується для виготовлення значної частини деталей машин, а саме приблизно від 40% до 80%. У процесі ливарного виробництва створюються деталі різної конфігурації та призначення. Це охоплює прості втулки, а також складні внутрішні порожнини двигунів внутрішнього згоряння. Ці деталі потребують високої точності та здатності витримувати механічні та термічні навантаження.

Виробництво деталей сьогодні досягає понад 100 мільйонів тонн на рік. Для створення виливків використовуються різноманітні методи лиття, включаючи лиття в одноразові піщані форми, лиття за витоплюваними моделями, газифіковані моделі та інші процеси. У залежності від призначення виливків, використовуються різні типи матеріалів для плавлення. Найпоширенішими з них є чавуни та сталі.

Метою даного проекту є розробка технології виготовлення виливка "Бойок буфера" з використанням сталі 40ХЛ, а також проектування відділення фінішних операцій для цього процесу.

Відділення фінішних операцій буде компоноване з метою забезпечення оптимального виробничого процесу. Оскільки виробництво включає в себе лиття в разові піщані форми та лиття за витоплюваними моделями, для ефективної роботи відділення необхідно відповідне устаткування, яке буде відповідати цим методам лиття.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 10  |

# 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

## 1.1 Виробнича програма

Виробнича програма є документом, який використовується для планування та розробки робочих завдань в технологічному відділі ливарного виробництва [1].

Вона включає завдання на протязі року для конкретного механічного цеху, який має виробити задану кількість виливків. Річна кількість виливків обчислюється залежно від річної програми. Цей ливарний цех спеціалізується на виготовленні виливків, що використовуються в промисловості.

У будівлі ливарного цеху проектуємо наступні ділянки:

- лиття в піщано-глинясті форми – 1500 тон придатних виливків на рік.
- лиття за витоплюваними моделями – 2500 т придатних виливків за рік;
- лиття під тиском – 1000 т придатних виливків за рік.

За вказаною номенклатурою, наведені методи мають такі характеристики щодо маси виливків та використовуваних матеріалів:

- лиття в піщано-глинясті форми – 0,15...1,76 кг, матеріал СЧ350
- лиття за витоплюваними моделями – 0,27...3,5 кг, матеріал 40ХЛ, 35Л, 35ХГСЛ, 38ХС, 40Х2Н2МА;
- лиття під тиском - 0,11... 1,2 кг, матеріал АК6, АК9ч. Номенклатуру ливарного цеху описано в табл. 1.1.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 11  |

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків

| Інд.   | Найменування виробів виливків | Код деталі | Матеріал виливка | Маса виливка, кг | Кількість деталей на 1 виріб, шт | Маса комплекту виливків на 1 виріб, кг | ТО                         |
|--------|-------------------------------|------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| 1      | 2                             | 3          | 4                | 5                | 6                                | 7                                      | 8                          |
| 1.     | Перехідник                    | ФЛ-01-1    | СЧ350            | 0,15             | 1                                | 0,15                                   | Низькотемпературний відпал |
| 2      | Штуцер                        | ФЛ-01-2    | СЧ350            | 0,18             | 1                                | 0,18                                   |                            |
| 3      | Вісь                          | ФЛ-01-3    | СЧ350            | 0,20             | 1                                | 0,20                                   |                            |
| 4      | Упор буфера                   | ФЛ-01-4    | СЧ350            | 0,57             | 1                                | 0,57                                   |                            |
| 5      | Картер привода                | ФЛ-01-5    | СЧ350            | 1,22             | 1                                | 1,22                                   |                            |
| 6      | Кронштейн1                    | ФЛ-01-6    | СЧ350            | 1,76             | 1                                | 1,76                                   |                            |
| Всього |                               |            |                  |                  |                                  | 4,08                                   |                            |
| 7      | Бойок буфера                  | ФЛ-01-7    | 40ХЛ             | 0,27             | 1                                | 0,27                                   | Нормалізація +відпуск      |
| 8      | Головка                       | ФЛ-01-8    | 35ХГСЛ           | 0,38             | 1                                | 0,38                                   |                            |
| 9      | Кронштейн 2                   | ФЛ-01-9    | 38ХС             | 1,18             | 1                                | 1,18                                   |                            |
| 10.    | Маховик                       | ФЛ-01-10   | 35Л              | 1,97             | 1                                | 1,97                                   |                            |
| 11.    | Циліндр колесний              | ФЛ-01-11   | 40Х2Н2 МА        | 3,5              | 1                                | 3,5                                    |                            |
| Всього |                               |            |                  |                  |                                  | 7,3                                    |                            |
| 12.    | Дно корпусу                   | ФЛ-01-12   | АК9ч             | 0,11             | 1                                | 0,11                                   | Відпуск                    |
| 13.    | Кришка корпусу                | ФЛ-01-13   | АК9ч             | 0,11             | 1                                | 0,11                                   |                            |
| 14.    | Кришка пробки                 | ФЛ-01-14   | АК6              | 0,12             | 1                                | 0,12                                   |                            |
| 15.    | Корпус вирівнювача            | ФЛ-01-15   | АК9ч             | 0,42             | 1                                | 0,42                                   |                            |
| 16.    | Кришка корпусу                | ФЛ-01-16   | АК6              | 0,6              | 1                                | 0,6                                    |                            |
| 17.    | Трійник                       | ФЛ-01-17   | АК9ч             | 0,71             | 1                                | 0,71                                   |                            |
| 18.    | Корпус кінцевого вимикача     | ФЛ-01-18   | АК9ч             | 0,82             | 1                                | 0,82                                   |                            |
| 19.    | Корпус замка                  | ФЛ-01-19   | АК6              | 1,1              | 1                                | 1,1                                    |                            |
| 20.    | Корпус                        | ФЛ-01-20   | АК9ч             | 1,2              | 1                                | 1,2                                    |                            |
| Всього |                               |            |                  |                  |                                  | 5,19                                   |                            |

## 1.2 Аналіз виробничої програми

Використовуючи дані, які вказані в табл. 1.1 можемо розрахувати річну кількість виливків кожного найменування.

Розраховуємо кількість виробів на рік:

$$N = \frac{P}{B}$$

де Р – потужність ливарного цеху, т;

В – маса виливків на 1 виріб, т (табл. 1.1).

Для лиття в піщано-глинясті форми:

$$N = \frac{1500}{0,00408} = 36764$$

Для лиття за витоплюваними моделями:

$$N = \frac{2500}{0,0073} = 34246$$

Для ливарного цеху лиття під тиском:

$$N = \frac{1000}{0,00519} = 19267$$

На основі розрахунків, виробничий цех буде мати наступну річну програму виробництва виливків, з урахуванням запасних частин із відсотком 10% від загальної кількості виливків:

- 367,647 виробів на рік, виготовлених методом лиття в піщано-глинясті форми.
- 342,466 виробів на рік, виготовлених методом лиття за витоплювальними моделями.
- 192,678 виробів на рік, виготовлених методом лиття під тиском.

Табл. 1.2 відображає програму виробництва виливків з врахуванням запасних частин та їх відсотку [1].

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 13  |

Таблиця 1.2 – Точна виробнича програма ливарного цеху

| Інд. позиція | Найменування виробів і виливків | Код деталі | Матеріал виливка | Маса виливка, кг | Кількість деталей на 1 виріб | Маса комплекту виливків на 1 виріб, кг | Річна програма випуску виливків |             |            |           |             |             |              |
|--------------|---------------------------------|------------|------------------|------------------|------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-------------|------------|-----------|-------------|-------------|--------------|
|              |                                 |            |                  |                  |                              |                                        | На основні                      |             | на запасні |           |             | всього      |              |
|              |                                 |            |                  |                  |                              |                                        | На вироби                       |             | частини    |           |             |             |              |
|              |                                 |            |                  |                  |                              |                                        | шт                              | т           | %          | шт        | т           | шт          | т            |
|              | 2                               | 3          | 4                | 5                | 6                            | 7                                      | 8                               | 9           | 10         | 11        | 12          | 13          | 14           |
|              | Лиття в піщано-глинясті форми   |            |                  |                  |                              |                                        |                                 |             |            |           |             |             |              |
| 1            | Перехідник                      | ФЛ-01-1    | СЧ350            | 0,15             | 1                            | 0,15                                   | 330882                          | 49,632      | 10         | 367<br>65 | 5,5<br>15   | 36764<br>7  | 55,<br>147   |
| 2            | Штуцер                          | ФЛ-01-2    | СЧ350            | 0,18             | 1                            | 0,18                                   | 330882                          | 59,559      | 10         | 367<br>65 | 6,6<br>18   | 36764<br>7  | 66,<br>176   |
| 3            | Вісь                            | ФЛ-01-3    | СЧ350            | 0,20             | 1                            | 0,20                                   | 330882                          | 66,176      | 10         | 367<br>65 | 7,3<br>53   | 36764<br>7  | 73,<br>529   |
| 4            | Упор буфера                     | ФЛ-01-4    | СЧ350            | 0,57             | 1                            | 0,57                                   | 330882                          | 188,60<br>3 | 10         | 367<br>65 | 20,<br>956  | 36764<br>7  | 209,<br>559  |
| 5            | Картер привода                  | ФЛ-01-5    | СЧ350            | 1,22             | 1                            | 1,22                                   | 330882                          | 403,67<br>6 | 10         | 367<br>65 | 44,<br>853  | 36764<br>7  | 448,<br>529  |
| 6            | Кронштейн 1                     | ФЛ-01-6    | СЧ350            | 1,76             | 1                            | 1,76                                   | 330882                          | 582,35<br>3 | 10         | 367<br>65 | 64,<br>706  | 36764<br>7  | 647,<br>059  |
| Всього       |                                 |            |                  |                  |                              |                                        |                                 |             |            |           |             | 22058<br>82 | 150<br>0     |
|              | Лиття за витоплюваними моделями |            |                  |                  |                              |                                        |                                 |             |            |           |             |             |              |
| 1            | Бойок буфера                    | ФЛ-01-7    | 40ХЛ             | 0,27             | 1                            | 0,27                                   | 308219                          | 83,219      | 10         | 342<br>47 | 9,2<br>47   | 34246<br>6  | 92,<br>466   |
| 2            | Головка                         | ФЛ-01-8    | 35ХГС<br>Л       | 0,38             | 1                            | 0,38                                   | 308219                          | 117,12<br>3 | 10         | 342<br>47 | 13,<br>014  | 34246<br>6  | 130,<br>137  |
| 3            | Кронштейн 2                     | ФЛ-01-9    | 38ХС             | 1,18             | 1                            | 1,18                                   | 308219                          | 363,69      | 10         | 342<br>47 | 40,<br>411  | 34246<br>6  | 404,<br>110  |
| 4            | Маховик                         | ФЛ-01-10   | 35Л              | 1,97             | 1                            | 1,97                                   | 308219                          | 607,19      | 10         | 342<br>47 | 67,<br>466  | 34246<br>6  | 674,<br>658  |
| 5            | Циліндр колесний                | ФЛ-01-11   | 40Х2Н<br>2МА     | 3,5              | 1                            | 3,5                                    | 308219                          | 1078,7<br>6 | 10         | 342<br>47 | 119,<br>863 | 34246<br>6  | 1198,<br>631 |
| Всього       |                                 |            |                  |                  |                              |                                        |                                 |             |            |           |             | 17123<br>30 | 250<br>0     |
|              | Лиття під тиском                |            |                  |                  |                              |                                        |                                 |             |            |           |             |             |              |
| 1            | Дно корпусу                     | ФЛ-01-12   | АК9ч             | 0,11             | 1                            | 0,11                                   | 173410                          | 19,075      | 10         | 192<br>68 | 2,1<br>19   | 19267<br>8  | 21,<br>195   |
| 2            | Кришка корпусу                  | ФЛ-01-13   | АК9ч             | 0,11             | 1                            | 0,11                                   | 173410                          | 19,075      | 10         | 192<br>68 | 2,1<br>19   | 19267<br>8  | 21,<br>195   |
|              |                                 |            |                  |                  |                              |                                        |                                 |             |            |           |             |             |              |
|              |                                 |            |                  |                  | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ       |                                        |                                 |             |            |           |             |             | Ан           |
|              |                                 |            |                  |                  |                              |                                        |                                 |             |            |           |             |             | 14           |
| Змн          | Арк                             | № докум.   | Підпис           | Дата             |                              |                                        |                                 |             |            |           |             |             |              |

## Продовження таблиці 1.2

| 1      | 2                         | 3        | 4    | 5    | 6 | 7    | 8      | 9       | 10 | 11    | 12     | 13      | 14      |
|--------|---------------------------|----------|------|------|---|------|--------|---------|----|-------|--------|---------|---------|
| 3      | Кришка пробки             | ФЛ-01-14 | АК6  | 0,12 | 1 | 0,12 | 173410 | 20,809  | 10 | 19268 | 2,312  | 192678  | 23,121  |
| 4      | Корпус вирівнювача        | ФЛ-01-15 | АК9ч | 0,42 | 1 | 0,42 | 173410 | 72,832  | 10 | 19268 | 8,092  | 192678  | 80,925  |
| 5      | Кришка корпуса            | ФЛ-01-16 | АК6  | 0,6  | 1 | 0,6  | 173410 | 104,046 | 10 | 19268 | 11,561 | 192678  | 115,607 |
| 6      | Трійник                   | ФЛ-01-17 | АК9ч | 0,71 | 1 | 0,71 | 173410 | 123,121 | 10 | 19268 | 13,680 | 192678  | 136,801 |
| 7      | Корпус кінцевого вимикача | ФЛ-01-18 | АК9ч | 0,82 | 1 | 0,82 | 173410 | 142,196 | 10 | 19268 | 15,800 | 192678  | 157,996 |
| 8      | Корпус замка              | ФЛ-01-19 | АК6  | 1,1  | 1 | 1,1  | 173410 | 190,751 | 10 | 19268 | 21,195 | 192678  | 211,946 |
| 9      | Корпус                    | ФЛ-01-20 | АК9ч | 1,2  | 1 | 1,2  | 173410 | 208,092 | 10 | 19268 | 23,121 | 192678  | 231,214 |
| Всього |                           |          |      |      |   |      |        |         |    |       |        | 1734102 | 1000    |
| Разом  |                           |          |      |      |   |      |        |         |    |       |        |         | 5000    |

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Анк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Анк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 15  |

## 2 СТРУКТУРА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

За структурою цех складається з основних та допоміжних відділень і дільниць:

У складі цеху присутні різні виробничі відділення, які включають:

- плавильне відділення, де здійснюється плавлення матеріалів.
- відділення лиття в піщано-глинясті форми, де проводиться процес лиття за допомогою цих форм.
- формувально-складально-заливально-вибивальне відділення, де виготовляються форми, збираються вироби та здійснюється процес заливання розплавленого матеріалу.
- стрижневе відділення, де виготовляються стрижні, необхідні для підтримки форми під час лиття.
- сумішоприготувальне відділення, де готуються необхідні суміші та матеріали для процесу лиття.
- відділення лиття під тиском, де здійснюється лиття за допомогою тиску.
- відділення лиття за витоплюваними моделями, де використовуються спеціальні моделі для процесу лиття.
- модельне відділення, де виготовляються моделі для виробництва форм.
- відділення виготовлення оболонкових форм, де проводиться виготовлення спеціальних оболонкових форм для лиття.
- прокалювально-заливальне відділення, де виконується процес прокалювання і заливки виробів.
- відділення фінішних операцій з дільницею термічного оброблення, де проводиться обробка та оброблення виробів для досягнення необхідних характеристик.

|     |     |         |        |      |                        |     |
|-----|-----|---------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |         |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |         |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № локум | Пілпис | Лата |                        | 16  |

У складі цеху також присутні допоміжні відділення, включаючи:

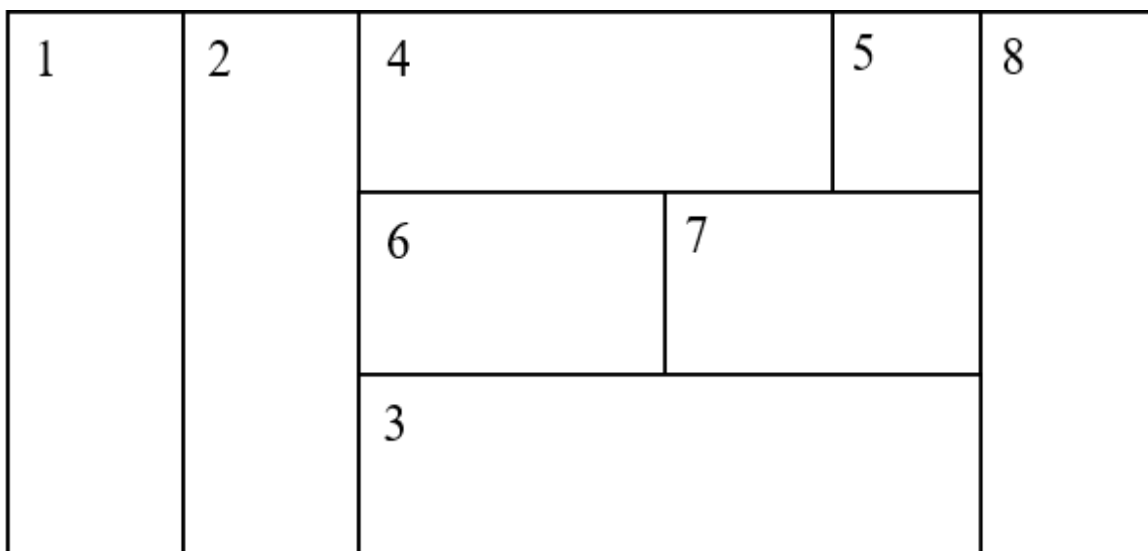
- ремонтно-механічні майстерні, де здійснюється ремонт та обслуговування обладнання і механізмів.
- відділення ремонту та сушіння ковшів, де проводиться ремонт та сушіння ковшів, які використовуються у процесі лиття.
- відділення ремонту прес-форм, де здійснюється ремонт та обслуговування прес-форм, які використовуються у процесі лиття.
- відділення поновлення суміші, де займаються поновленням та підготовкою сумішей, які використовуються в процесі лиття.

У складі цеху також присутні склади, включаючи:

- склад шихтових і формувальних матеріалів, де зберігаються різні компоненти, необхідні для приготування шихти та формувальних матеріалів.
  - склад модельного оснащення, де зберігаються моделі та інструменти, необхідні для виготовлення форм та виливків.
  - склад готових виливків, де здійснюється зберігання виготовлених виливків перед їх використанням або відвантаженням.
4. адміністративно-побутові приміщення.

Ливарний цех, який заплановано, включає відділення, як показано на рисунку 2.1. Ця компоновка є типовою для цехів, які спеціалізуються на масовому виробництві дрібних виливків, використовуючи різні методи лиття та сплави різних марок.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 17  |



1 – відділення підготовки формувальних і шихтових матеріалів;

2 – плавильне відділення;

3 – лиття за витоплюваними моделями

4 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення;

5 – стрижневе відділення;

6 – сумішоприготувальне відділення;

7 – лиття під тиском;

8 – відділення фінішних операцій;

Рисунок 2.1. – Схема компонування ливарного цеху

## З РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Спосіб функціонування ливарного цеху залежить від методу виконання операцій та організації виробничого процесу.

Популярним стало впровадження паралельної двозмінної системи, де третя зміна приділяється профілактиці та ремонту обладнання. Вибір методу роботи впливають такі фактори [2]:

- маса вилівка.
- кількість працівників.
- технологічна складність.
- серійність виробництва.
- потужність цеху.
- тип плавильних агрегатів
- тип металу.

Для ефективного використання площі цеху та обладнання ми впроваджуємо двозмінну паралельну роботу.

В цьому режимі встановлюються фонди часу роботи для обладнання та робітників згідно з такою формулою [1]:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (3.1)$$

де  $\Phi_k$  – календарний фонд часу, год;

$P$  – кількість днів у році, днів;  $D$  – кількість годин у добі, год.

Вставивши дані отримаємо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760$$

Номінальний фонд часу визначається як період, протягом якого виконується робота згідно прийнятого методу, без урахування передбачених і непередбачених затримок часу.

Розрахунок номінального фонду часу розраховується за допомогою формули 3.2 [1]:

|     |     |         |        |      |                        |     |
|-----|-----|---------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |         |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |         |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док-м | Підпис | Дата |                        | 19  |

$$\Phi_{\text{н}} = C \cdot \Gamma, \quad (3.2)$$

де  $\Phi_{\text{н}}$  – номінальний фонд часу, год;

$C$  – кількість днів у році, включаючи як робочі, так і святкові та вихідні дні;

$\Gamma$  – кількість годин, що залежить від розкладу змін. Один змінний робочий день складає 8 годин..

Враховуючи святкові та вихідні дні, річний період має 250 робочих днів. При однозмінному режимі роботи (8 годин на день), номінальний фонд часу обчислюється за формулою 3.2, як добуток 250 робочих днів на 8 годин:  $250 \cdot 8 = 2000$  годин.

При двозмінно-му режимі роботи за формулою 3.2 матимемо:

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 16 = 4000$$

Дійсний фонд визначаємо за формулою 3.3 [1]

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - B, \quad (3.3)$$

де  $\Phi_{\text{н}}$  – номінальний фонд часу, год;

$B$  – витрати часу які потрібні для освоєння виробництва і непередбачених витрат.

При умові 40-годинного робочого тижня та 28-денній відпустці, дійсний фонд часу для робочих можна розрахувати:

$$\Phi_{\text{д}} = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840$$

У табл. 3.1 наведені відомості про режим роботи цеху і фонди часу.

Таблиця 3.1 – Режим роботи ливарного цеху та фонди часу роботи

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 20  |

устаткування і робітників

| №<br>по<br>пор.                 | Найменування відділень,<br>дільниць, тип обладнання             | Кількість<br>робочих<br>змін за добу | Дійсний річний<br>фонд часу, год |                 |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------|
|                                 |                                                                 |                                      | Устатку-<br>вання                | Робіт-<br>ників |
| Лиття в піщано-глинясті форми   |                                                                 |                                      |                                  |                 |
| 1                               | Плавильне (індукційні печі)                                     | 2                                    | 3660                             | 1840            |
| 2                               | Формувальне                                                     | 2                                    | 3510                             | 1840            |
| 3                               | Стрижневе                                                       | 2                                    | 3570                             | 1840            |
| 4                               | Сумішоприготувальне                                             | 2                                    | 3600                             | 1840            |
| 5                               | Фінішних операцій:                                              |                                      |                                  |                 |
|                                 | Вибивне очисне обладнання                                       | 2                                    | 3790                             | 1840            |
| 6                               | Допоміжні відділення                                            | 2                                    | 3700                             | 1840            |
| Лиття за витоплюваними моделями |                                                                 |                                      |                                  |                 |
| 1                               | Плавильне відділення (ИСТ-0,4)                                  | 2                                    | 3720                             | 1840            |
| 2                               | Модельне відділення                                             | 2                                    | 3760                             | 1840            |
| 3                               | Відділення виготовлення<br>оболонкових форм                     | 2                                    | 3600                             | 1840            |
| 4                               | Прокалювальне-заливальне<br>відділення                          | 2                                    | 3760                             | 1840            |
| 5                               | Відділення фінішних операцій                                    | 2                                    | 3540                             | 1840            |
| 6                               | Допоміжні відділення                                            | 2                                    | 3760                             | 1840            |
| Лиття під тиском                |                                                                 |                                      |                                  |                 |
| 1                               | Плавильне відділення (ИАТ-0,4)                                  | 2                                    | 3740                             | 1840            |
| 2                               | Відділення виготовлення виливків<br>на машинах лиття під тиском | 2                                    | 3760                             | 1840            |
| 3                               | Відділення фінішних операцій                                    | 2                                    | 3680                             | 1840            |
| 4                               | Допоміжні відділення                                            | 2                                    | 3800                             | 1840            |

#### 4 ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ

Фінішні операції у відділенні фінішних операцій ливарного цеху відіграють важливу роль у наданні виливкам відповідного зовнішнього вигляду і фізико-механічних властивостей. Ці операції і методи термічної обробки становлять майже 40% від загального процесу виготовлення виливків.

Незважаючи на це, на відділеннях фінішних операцій все ще переважає ручна праця, оскільки багато з цих операцій важко механізуються та автоматизуються.

Отже, при плануванні роботи відділення фінішних операцій важливо враховувати цей фактор і приділяти особливу увагу максимальній механізації окремих функцій та автоматизації процесу. Цех відповідає за виконання всього процесу, починаючи від відділення елементів ливникової системи до фінішного оформлення та передачі виливок на склад готової продукції.

Оскільки в нашому ливарному цеху виливки виготовляються різними способами та з використанням різних сплавів, ми ретельно дотримуємося виконання фінішних операцій для кожного окремого сплаву, щоб уникнути їх перемішування та забезпечити правильне виконання технічних операцій.

Для виливків з алюмінієвих сплавів, які виготовляються за допомогою машин лиття під тиском, фінішні операції, такі як відокремлення ливників і заливів, здійснюються безпосередньо на дільниці лиття під тиском. Цей процес включає використання штампів, на яких одночасно відокремлюються ливники, вирізаються заливи та зроблені отвори.

Для виливків зі сталі, які виготовляються за витоплюваними моделями, передбачаються наступні фінішні операції:

- відокремлення кераміки від поверхонь блоків виливків.
- відокремлення виливків від стояків.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 22  |

– вилуговування виливків для видалення залишкової кераміки з їх поверхонь.

– промивання виливків та їх сушіння.

– термічна обробка виливків.

– передавання виливків на склад готової продукції.

Для виливків зі чавуну, що виготовляються литтям в піщано-глинясті форми, передбачаються наступні фінішні операції:

– відокремлення елементів ливникової системи від виливків.

– видалення стрижнів з порожнин виливків.

– очищення виливків.

– обрубкування і зачищення виливків, а також їх контроль.

– термічна обробка виливків і контроль їх якості.

– передавання виливків на склад готової продукції.

Для розрахунку кількості обладнання враховується річна кількість виливків, яка розподіляється по фінішним операціям залежно від вагової групи ливка і типу сплаву, з урахуванням відсотка браку, який вказаний в табл. 4.1 та табл. 4.2

Таблиця 4.1 – Розподілення річного випуску по операціям сталевих литва.

| Масова група виливків, кг | Річний випуск, |                          | Розподілення річного випуску по операціям, т/рік |                         |                      |
|---------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
|                           | т/рік          | з урахуван. браку, т/рік | Руйнування кераміки, відділення виливків         | Очищення, вилуговування | Зачищення            |
|                           |                |                          | 6A94,6A93                                        | 695                     | Верстат стаціонарний |
| 1                         | 2              | 3                        | 4                                                | 5                       | 6                    |
| 0-10                      | 2500           | 2625                     | 2625                                             | 2625                    | 2625                 |

Таблиця 4.2 – Розподілення річного випуску по операціям чавунного Литва.

| Масова група виливків, кг | Річний випуск, |                          | Розподілення річного випуску по операціям, т/рік |                     |                      |
|---------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
|                           | т/рік          | з урахуван. браку, т/рік | Вилучення стрижнів                               | Очищення            | Зачищення            |
|                           |                |                          | Галтувальний барабан                             | Дробометний барабан | Верстат стаціонарний |
| 1                         | 2              | 3                        | 4                                                | 5                   | 6                    |
| 0-10                      | 1500           | 1575                     | 1575                                             | 1575                | 1575                 |

Визначаємо кількість обладнання, яке необхідне для виконання фінішних операцій по формулі 4.1:

$$M_{\text{роз}} = B_z \cdot K_n / (\Phi_d \cdot q), \quad (4.1)$$

де Q– річна кількість литва, т/рік, вибираємо з табл. 4.1 та табл.4,2;

$K_n$  – коефіцієнт нерівномірності роботи (1,05 – 1,3);

$q$  – продуктивність обладнання, т/год.;

$\Phi_d$  – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.

Для процесу руйнування кераміки та відділення виливків від стояка використовується спеціальна напівавтоматична лінія, яка базується на обладнанні моделей 6A94 та 6A93 [4].:

$$M_{\text{роз}} = 2625 \cdot 1,05 / (3680 \cdot 0,5) = 1,5$$

Коефіцієнт завантаження:

$$K_z = 1,5 / 2 = 0,75$$

Для автомат моделі 695 [4].

$$M_{\text{роз}} = 2625 \cdot 1,05 / (3680 \cdot 0,5) = 1,5$$

Коефіцієнт завантаження:

$$K_z = 1,5 / 2 = 0,75$$

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 24  |

Для зачисного стаціонарного верстата:

$$M_{\text{роз}} = 2625 \cdot 1,05 / (3680 \cdot 0,3) = 2,49$$

Коефіцієнт завантаження:

$$K_3 = 2,49/3 = 0,83$$

Для галтувального барабана:

$$M_{\text{роз}} = 1575 \cdot 1,2 / (3680 \cdot 0,7) = 0,73$$

Коефіцієнт завантаження:

$$K_3 = 0,73/1 = 0,73$$

Для дробеметного барабана:

$$M_{\text{роз}} = 1575 \cdot 1,2 / (3680 \cdot 0,7) = 0,73$$

Коефіцієнт завантаження:

$$K_3 = 0,69/1 = 0,73$$

Для зачисного стаціонарного верстата:

$$M_{\text{роз}} = 1575 \cdot 1,2 / (3680 \cdot 0,15) = 3,42$$

Коефіцієнт завантаження:

$$K_3 = 3,42/4 = 0,85$$

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 25  |

Розрахунок зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Розрахунок кількості обладнання

| Масова група виливків, кг |      | Кількість литва з врахуванням браку |       | Тип, модель обладнання                       | Продуктивність обладнання, т/год | Кількість    |          | Кз   |
|---------------------------|------|-------------------------------------|-------|----------------------------------------------|----------------------------------|--------------|----------|------|
|                           |      | Т/рік                               | т/год |                                              |                                  | Розрахункова | Прийнята |      |
| 1                         | 2    | 3                                   | 4     | 5                                            | 6                                | 7            | 8        |      |
| Сталь                     | 0-10 | 2625                                | 0,75  | Напівавтоматична лінія                       | 0,5                              | 1,5          | 2        | 0,75 |
|                           | 0-10 | 2625                                | 0,75  | Установка для вилуговування кераміки мод.695 | 0,5                              | 1,5          | 2        | 0,75 |
|                           | 0-10 | 2625                                | 0,75  | Верстат стаціонарний                         | 0,3                              | 2,49         | 3        | 0,83 |
| Чавун                     | 0-10 | 1575                                | 0,44  | Барабан галтувальний мод.4133                | 0,7                              | 0,73         | 1        | 0,73 |
|                           | 0-10 | 1575                                | 0,44  | Барабан дробеметний мод.42322М               | 0,7                              | 0,73         | 1        | 0,73 |
|                           | 0-10 | 1575                                | 0,44  | Верстат стаціонарний                         | 0,15                             | 3,42         | 4        | 0,85 |

## 5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА

### 5.1 Загальна характеристика литої деталі

У системі регулювання відведення відпрацьованих газів у бронетранспортері використовується компонент під назвою "бойок буфера". Цей елемент встановлений в камері згорання двигуна внутрішнього згорання. В цій камері відбувається згорання палива в присутності повітряного потоку, який надходить з компресора. В результаті цього процесу утворюється газ, який направляється до турбіни.

Масово-габаритні характеристики виливка:

- висота – 36мм
- діаметр - 75 мм
- маса – 0,27 кг

Цей виливок за складністю конфігурації відноситься до 2 групи - прості виливки у відкритої циліндричної форми.

Виливки, які відносяться до 1-ї групи, є дрібними (до 100 кг) і виготовляються серійним способом у ливарному виробництві. Один з таких виливків, що працює в складних умовах, називається "бойком буфера". Він піддається значним навантаженням і викликає стомлення матеріалу. Його температура нагріву знаходиться в діапазоні від 400 до 750 градусів Цельсія. Тому для виготовлення "бойка буфера" використовується низьколегована сталь. Цей матеріал повинен мати високу стійкість до окиснення і корозії. Одним з ефективних варіантів для даного виливка є сплав на основі хрому.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 27  |

## 5.2 Вибір сплаву та його характеристики

Сплави на основі хрому є вигідним вибором для виготовлення виливків, оскільки вони поєднують в собі високу жаростійкість та хорошу технологічність. Крім того, сплави з меншим вмістом хрому зазвичай мають кращі технологічні властивості. У даному випадку, для виготовлення виливка рекомендовано використати сплав 40ХЛ згідно ДСТУ 8781-2018. Хімічний склад та механічні характеристики цього матеріалу можна знайти у табл. 5.1 та табл. 5.2.

Таблиця 5.1 – Хімічний склад матеріалу 40ХЛ ДСТУ 8781-2018

| С         | Si      | Mn      | Cr      | S       | P       |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.35-0.45 | 0.2-0.4 | 0.4-0.9 | 0.8-1.1 | До 0,04 | До 0,04 |

Таблиця 5.2 – Механічні властивості матеріалу 40ХЛ

| Сортамент | Розмір | $\sigma_B$ | $\sigma_T$ | $\delta_5$ | $\psi$ | КСУ                | Термообробка         |
|-----------|--------|------------|------------|------------|--------|--------------------|----------------------|
| -         | мм     | МПа        | МПа        | %          | %      | кДж/м <sup>2</sup> | -                    |
| Виливок   | до 100 | 638        | 491        | 12         | 25     | 392                | Нормал<br>850-860°C, |

Конструкція литої деталі має забезпечувати високий рівень службових характеристик, таких як міцність, жорсткість і герметичність, враховуючи задану масу та точність конфігурації. Також важливо, щоб конструкція була технологічною і зручною для виготовлення та обробки. Аналізуючи виливок "Бойок буфера" за різними критеріями, такими як маса, габаритні розміри, конфігурація, товщина стінки, шорсткість поверхні, геометрична точність, вимоги до структури та властивостей литого металу, серійність виробництва, автоматизація та економія ресурсів, можна зробити висновок, що найкращим та найбільш доцільним рішенням для даного виливка буде виготовлення за витоплюваними моделями. Це дозволить досягти високої якості виливка,

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Піппис | Лата |                        | 28  |

забезпечити ефективність виробництва та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

### 5.3 Сутність процесу лиття за моделями, що витоплюються

Лиття за моделями, що витоплюються, використовує одноразові точні нероз'ємні керамічні оболонкові форми, які створюються за допомогою рідких формувальних сумішей на основі разових моделей. Перед заливкою розплаву, модель видаляється з форми шляхом виплавлення, випалювання, розчинення або випаровування. Форму нагрівають до високих температур для видалення залишків моделі і зміцнення форми. Гартуванням форми перед заливанням досягається практично повне усунення газотворності і поліпшення заповнюваності форми розплавом.

Метод лиття за моделями, що витоплюються, широко застосовується в машинобудуванні та приладобудуванні завдяки його перевагам порівняно з іншими способами виготовлення виливків. Цей метод дозволяє отримувати складні виливки будь-якої форми з ливарних сплавів, масою від декількох грамів до десятків кілограмів, з товщиною стінки навіть менше 1 мм, з низькою шорсткістю поверхні і високою точністю розмірів.

Лиття за моделями, що витоплюються, дозволяє максимально наблизити виливок до готової деталі, а в деяких випадках навіть отримати готову литу деталь без потреби в додатковій обробці. Це значно зменшує трудомісткість і вартість виготовлення виробів, знижує витрати на метал та інструмент, економить енергетичні ресурси та зменшує потребу у висококваліфікованих робітниках, устаткуванні, пристосуваннях і виробничих площах.

У литті за моделями, що витоплюються, моделі виливків, так само як і моделі Лиття зі стійкими шаблонами, є одноразовими і виготовляються з легкоплавких модельних матеріалів.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 29  |

## 5.4 Вибір модельного складу

Модельний склад - це легкоплавкий сплав, що має воскоподібну консистенцію та плавиться при температурах від 42°C до 165°C. Більшість модельних складів мають парафінову основу. Для виготовлення спеціальних моделей виливків використовуються модельні склади, які можуть бути зроблені на основі природного, синтетичного воску або смоли.

Фізичні властивості та параметри модельних складів:

- границя міцності при статичному згині при 18°C - 20°C вказує на здатність моделей та модельних блоків витримувати механічні навантаження без руйнування;
- теплостійкість відображає здатність виробу та модельного складу зберігати свою форму при високих температурах.
- пластичність вказує на максимальну деформацію зразка до моменту його руйнування.
- вільна лінійна усадка - це показник відносних змін лінійних розмірів моделі.
- температура плавлення - це температура, при якій модельний склад переходить з твердого в рідкий стан.

Хімічні властивості:

- кислотне число вказує на хімічну реактивність складу та його здатність взаємодіяти з іншими речовинами протягом всього процесу.
- взаємодія з суспензією відображає активність модельного складу у відношенні до складу вогнетривкої оболонки, особливо в хімічному аспекті.
- зольність вказує на відсоткове співвідношення маси твердого залишку після згорання модельного складу.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 30  |

— коксованість визначає газоутворюючу здатність складу. Чим вища ця величина, тим більше ймовірність утворення газових пузирів або недоливів.

Технологічні властивості:

- тривалість твердіння та охолодження моделі у прес-формі.
- тривалість стабілізації розмірів моделі під час охолодження на повітрі.
- схильність до утворення утяжин в моделях;
- вміст повітря в моделі;
- вміст в модельному складі твердого наповнювача;
- короблення;
- текучість;
- відтворення рельєфу робочої поверхні пресформи;
- чистота поверхні;
- змочуванність вогнетривкою суспензією;

Для відповідності всім зазначеним вимогам, було вирішено використовувати модельну масу марки КС-102 в якості модельного складу. В табл. 5.3 та табл. 5.4 наведені характеристики цієї модельної маси.

Таблиця 5.3 – Склад модельної маси

| № | Матеріал                 | Вміст, % |
|---|--------------------------|----------|
| 1 | Воск буровугільний сирий | 35       |
| 2 | Воск торф'яний сирий     | 35       |
| 3 | Парафін марок В3, В4, В5 | 25       |
| 4 | Триетаноламін марки А, В | 5        |

Таблиця 5.4 – Властивості модельної композиції

| Марка<br>модельного<br>складу | $\sigma_{\text{н}}$ , МПа | $\alpha_{\text{м}}$ , % | $t_{\text{т}}$ , °C | $M_3$ , %<br>(по масі) | $\Delta t_{\text{п}}$ , °C | $v$ , сСт |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-----------|
| КС-102                        | >5.5                      | 1.0-1.1                 | 42                  | 0.10                   | 54-72                      | 15        |

Після виготовлення моделей і збірки їх в блоки, наноситься вогнетривка оболонка.

### 5.5 Вибір матеріалів вогнетривкої оболонки

Зв'язувальні компоненти вогнетривкої оболонки включають кварц, електрокорунд та шамот. Для створення зв'язки використовують розчини, які базуються на дистенсиліманіті та етилсилікаті. Зв'язувальний компонент повинен мати такі характеристики:

- здатність змочувати модель, не розчиняючи і не взаємодіючи хімічно з її компонентами;
- мати високу в'язкість, що дозволяє склеювати зерна основи під час сушіння оболонки при кімнатній температурі;
- формувати вогнетривку цементуючу основу оболонки, що забезпечує міцність і жорсткість під час нагрівання до температури розплаву під час заливки та затвердіння виливки;

Для виготовлення оболонки також використовують додаткові матеріали: розчинники, добавки, наповнювачі.

У зв'язуючі розчини і суспензії вводяться додаткові речовини для регулювання їх властивостей. Ці добавки можна розділити на дві категорії: ті, які покращують властивості суспензії, і ті, які покращують властивості оболонки.

Для створення зв'язувальних розчинів вогнетривкої оболонки можна використовувати суміш розчинників, які містять різні зв'язувальні компоненти. Зазвичай розчинники містять певну кількість води, яку необхідно враховувати при розрахунку складу зв'язувальних компонентів.

Для формування наповнюючого шару вогнетривкої оболонки використовуються два типи матеріалів: матеріали основи і зв'язуючі матеріали. Основою виступає кварцовий пісок, а зв'язувальним компонентом використовується розчин гідролізованого етилсилікату.

Склад вихідних матеріалів для гідролізу:

- етилсилікат- 40(ЕТС-40);
- ефіро-альдегідна фракція (ЕАФ);
- соляна кислота (HCl);
- сірчана кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);
- вода дистильована;
- спирт етиловий;

Підготовка обсипного складу

Рекомендується окремо просушити електрокорунд залежно від його марки та фракції в спеціальних коробах. Під час завантаження електрокорунду в короби для просушки, варто звернути увагу на наявність пилу. Якщо виявляється пил, рекомендується направити пробу в ливарну лабораторію для визначення кількості дрібної фракції.

Підготовка суспензії:

- щоб нанести 1-3 шари покриття, використовують суспензію, яка може зберігатися протягом 24 годин після приготування перед використанням.
- якщо у суспензії присутні комочки або включення, рекомендується просити суспензію через сито для їх видалення перед використанням.
- перед нанесенням кожного шару необхідно виміряти температуру та в'язкість суспензії. Температура повинна бути у межах 20-25°C.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 33  |

– перед нанесенням кожного шару необхідно ретельно перемішати суспензію, щоб наповнювач повністю знаходився у розчині. Рекомендовані часи відстоювання для видалення повітряних бульбашок становлять 5-10 хвилин, після чого суспензію слід знову перемішати протягом 0,5-1 хвилини, щоб досягти потрібної в'язкості.

Під час нанесення покриття, після кожних 10-15 блоків, рекомендується проводити перемішування суспензії протягом 2-3 хвилин, перевіряючи її в'язкість. Властивості вогнетривкої оболонки можна знайти у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Основні властивості вогнетривкої оболонки.

| Властивості вогнетривкої оболонки                         | Одиниці вимірювання  | Значення           |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Вогнетривкість, не менш                                   | °C                   | 1600               |
| Стійкість до дії рідкого металувиливки                    |                      | Хімічна інертність |
| Усадка при відпалі, не більш                              | %                    | 1                  |
| Відкрита пористість                                       | %                    | 34 - 37            |
| Границя міцності при згині, при 20° 1400° 1500°           | МПа                  | 3-8, 1.5-4.0       |
| Температура початку деформації під навантаженням 0.2 МПа, | °C                   | 1350-1450          |
| ТЛР, (t= 20-1200 °C)                                      | 10 <sup>6</sup> 1/°C | 6.5-8.5            |
| Коефіцієнт теплопровідності при 1200°C                    | Вт/(м*к)             | 1.7-2.1            |
| Шорсткість поверхні (Ra).                                 | мм                   | 2-5                |
| Спосіб видалення КО з поверхні залитого блоку             | -                    | Механічні дії      |

Після повного висихання блоків, що іноді займає до 72 годин, форми готуються до заливання, відправляючи їх до установки для топлення

модельної маси. Оскільки установка непрохідна, блоки розміщуються чашами догори і під дією гарячої пари модельна маса розплавляється у піддоні.

## 5.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

Ескіз виливка «Бойок буфера» зображено на рис. 5.1

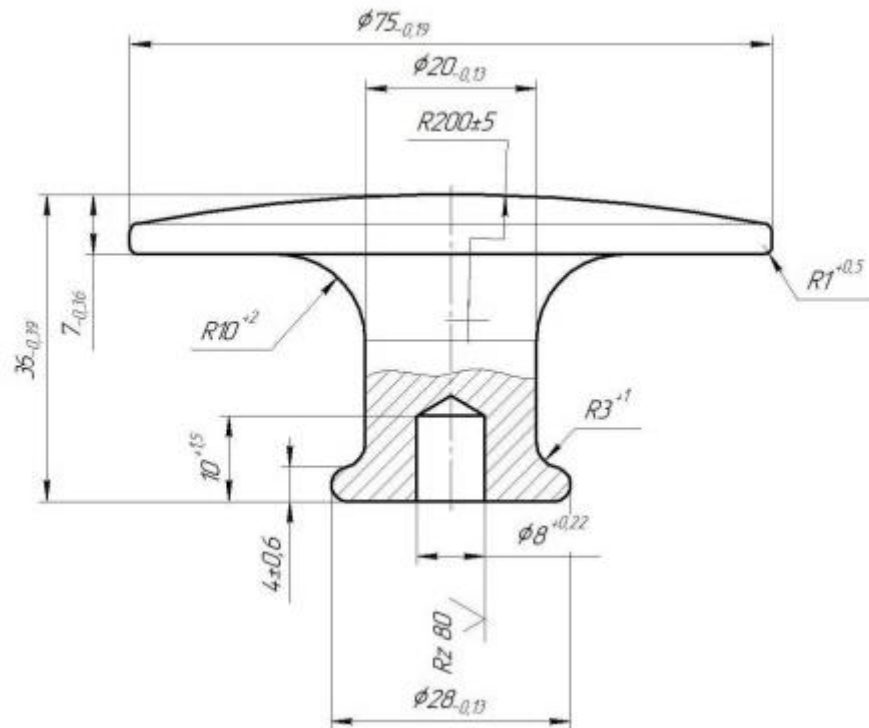


Рисунок 5.1 – Виливок «Бойок буфера»

На кресленіку деталі за ГОСТ25142-82 –шорсткість поверхні допуски на розміри (технічні характеристики) складають:

До  $d = 50 \pm 0,05$

$d = 51 - 100 \pm 0,075$

$d = 101 - 200 \pm 0,1$

понад  $d = 201 \pm 0,15$

Серійність виробництва – серійне.

Найбільший габаритний розмір  $d=75$

|     |     |        |       |      |                        |     |
|-----|-----|--------|-------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |       |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |       |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Піппс | Лата |                        | 35  |

а)  $\frac{\text{найменш}}{\text{найбільш}} = \frac{4}{75} = 0,053;$

б) номінальна маса виливка - 0,2 кг.

Припуски на механічне оброблення відсутні, отвір ø8 литвом не отримуємо.

Відповідно до стандарту ГОСТ 26645-85, вибираються наступні параметри для виливки:

- тип технологічного процесу: лиття за витоплюваними моделями;
- клас розмірної точності виливки: 8;
- ступінь жолоблення елементів виливки: 7;
- ступінь точності поверхонь виливки: 8;
- клас точності мас: 7;

Точність виливка 8-7-8-7 ГОСТ 26645-85.

## 5.7 Розрахунок ливникової системи

Ливникова система включає в себе канали ливарної форми, які призначені для контрольованого наповнення форми розплавом з необхідною швидкістю, а іноді також для живлення твердіючої виливки металом. Основні функції ливарної системи включають:

- заповнення порожнини форми металом протягом оптимального часу;
- видалення шлаків та інших домішок з розплаву;
- забезпечення економічності процесу ливарства;

До елементів, що створюють ливникову систему відносяться: ливникова воронка (або чаша), стояк, колектор, живильник, іноді надливи та випари.

Крім зазначених у ливниковій системі можуть бути і інші сполучні канали.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Піппис | Лата |                        | 36  |

При проектуванні ливарної системи враховуються параметри, такі як маса, габарити, форма і товщина стінок виливки, а також склад і фізико-механічні властивості розплаву і процесу теплообміну. В результаті вибирається оптимальна система, включаючи місце підводу розплаву через живильник і розраховуються необхідні перерізи елементів ливарної системи. При цьому у конструкції форми враховуються особливості ливарного процесу з метою досягнення оптимальних ливарних властивостей.

Ливарно-живильні системи можна класифікувати за методом підводу металу і розміщенням живильників на три типи:

- перший тип включає підвод металу до товстих частин виливки, а живлення масивних ділянок виливки здійснюється від стояка до колектора.
- другий тип передбачає підвод металу до тонких частин виливки, а живлення масивних ділянок здійснюється від масивних прибутків.
- третій тип є комбінованим і передбачає живлення масивних ділянок виливки від стояка чи колектора, а також від місцевих прибутків.

Ці типи визначаються залежно від конкретних умов, масштабу та особливостей ливарного процесу.

Метод М.Л. Хенкіна [3] використовуємо для розрахунку ливникової системи.

Ливникова система першого типу є найбільш поширена для виготовлення виливок зі сталі та мідних сплавів, які мають вагу меншу за 1,5 кг.

Для визначення розмірів елементів ливникової системи використовуються вихідні дані про товщину масиву виливки (або вузла живлення) і вагу самої виливки.

Виготовляючи виливок «Бойок буфера» було обрано 1 тип ливникової системи. За таблицею у підручнику Шкленніка Я.І. [3] Розрахунки наведено у табл. 5.6.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 37  |

На основі прийнятої форми розраховується значення параметра  $Z$ , яке використовується для визначення всіх основних розмірів ливникової системи (5.1).

$$Z = \frac{a \cdot b}{2(a+b)} \quad (5.1)$$

$$Z = \frac{14.5 \cdot 5}{2(14.5 + 5)} = 1.85$$

Таблиця 5.6 – Розрахунок ливникової системи

| Назва                 | Значення | Одиниці вимірювання |
|-----------------------|----------|---------------------|
| D чаші                | 104      | мм                  |
| H чаші                | 66       | мм                  |
| D ст                  | 16       | мм                  |
| $\delta$ при $l=4$ мм | 2,75     | мм                  |
| $\delta$ при $l=8$ мм | 3,5      | мм                  |

## 5.8 Розрахунок розмірів моделі та пресформи

Модель призначена для створення ливарної форми, яка відповідає геометрії виливки, що виготовляється.

Для виготовлення легкоплавких моделей для лиття за витоплюваними моделями використовують прес-форми, у яких внутрішня порожнина заповнюється модельною сумішшю.

Процес модельного виготовлення складається з таких операцій як:

- підготовка прес – форми;
- запресовка модельної маси;
- встановлення стержня;
- видалення моделі з прес – форми;
- охолодження моделі;

Для визначення розмірів моделі, які повинні бути більшими за розміри виливки з урахуванням ливарної усадки, використовують формула (5.2):

$$a_{\text{мод}} = a_{\text{вил}} + \frac{a_{\text{вил}} y}{100}, \quad (5.2)$$

Де  $a_{\text{мод}}$  - розмір моделі в, мм

$a_{\text{вил}}$  - розмір виливки, мм

$y$  – ливарна усадка модельного складу А

$$a_{\text{мод}} = 75 + \frac{(75 * 0,8)}{100} = 75,6$$

$$a_{\text{мод}} = 36 + \frac{(36 * 0,8)}{100} = 36,29$$

$$a_{\text{мод}} = 28 + \frac{(28 * 0,8)}{100} = 28,22$$

$$a_{\text{мод}} = 20 + \frac{(20 * 0,8)}{100} = 20,16$$

$$a_{\text{мод}} = 10 + \frac{(10 * 0,8)}{100} = 10,08$$

$$a_{\text{мод}} = 7 + \frac{(7 * 0,8)}{100} = 7,06$$

$$a_{\text{мод}} = 4 + \frac{(4 * 0,8)}{100} = 4,03$$

При розробці прес-форми варто враховувати наступні аспекти:

- вибір матеріалу прес-форми має гарантувати її високу міцність, забезпечуючи точність і гладкість поверхонь моделей.
- необхідно мінімізувати кількість роз'ємів у прес-формі.
- розташування внутрішніх елементів прес-форми повинно забезпечувати надійне, зручне і швидке вилучення моделей з форми.
- важливо забезпечити вільний вихід повітря з порожнини прес-форми під час заповнення модельною сумішшю.
- конструкція прес-форми має бути розрахована на міцне кріплення її складових частин.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 39  |

Вибір типу прес-форми залежить від декількох факторів, таких як вимоги до точності виготовлених відливків, властивості модельного складу і особливості виробництва. Залежно від складності та кількості виробів, які відливаються, прес-форми можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як сталь, легкоплавкі сплави, гіпс, пластмаса або гума.

У виробництві масової та великосерійної продукції використовуються складні прес-форми зі сталі або алюмінію. Ці прес-форми дозволяють виконувати заpresовку кількох моделей одночасно, які об'єднані ливниковою системою в єдину секцію.

За одержаними результатами розрахунків для цієї моделі вибираємо та розраховуємо модельну прес-форму.

Вибір типу прес-форми залежить від характеру виробництва і вимог до точності розмірів та чистоти поверхні. У масовому виробництві рекомендується використовувати сталеві прес-форми, в яких можна одночасно отримати зв'язку моделей з готовою ливарною системою.

Проектування прес-форми здійснюється на основі креслення виливки. Розміри прес-форми визначаються залежно від складу матеріалів, з яких вона виготовляється, типу виливки і температури розливу металу.

Загалом, усадка модельної маси та металу зазвичай перевищує розширення оболонки. Для попереднього розрахунку можна використовувати величину усадки модельних складів оболонки, базуючись на  $\text{SiO}_2$  з етилсилікатним зв'язувальним компонентом.

$$K = y_{\text{мод}} - y_{\text{ф}} \pm y_{\text{м}}, \quad (5.3)$$

де  $y_{\text{мод}}$  - усадка моделі, %

$y_{\text{ф}}$  - усадка форми, %

$y_{\text{м}}$  - усадка металу, %

Величини усадок значення приблизні  $y_{\text{м}} = 1,1\%$ ,  $y_{\text{мод}} = 0,9\%$  а отже з таблиці знаходимо  $y_{\text{ф}} = 2,5\%$ .

|     |     |         |        |      |                        |     |
|-----|-----|---------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |         |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |         |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док-м | Підпис | Дата |                        | 40  |

Ескіз пресформи наведено на рис. 5.2

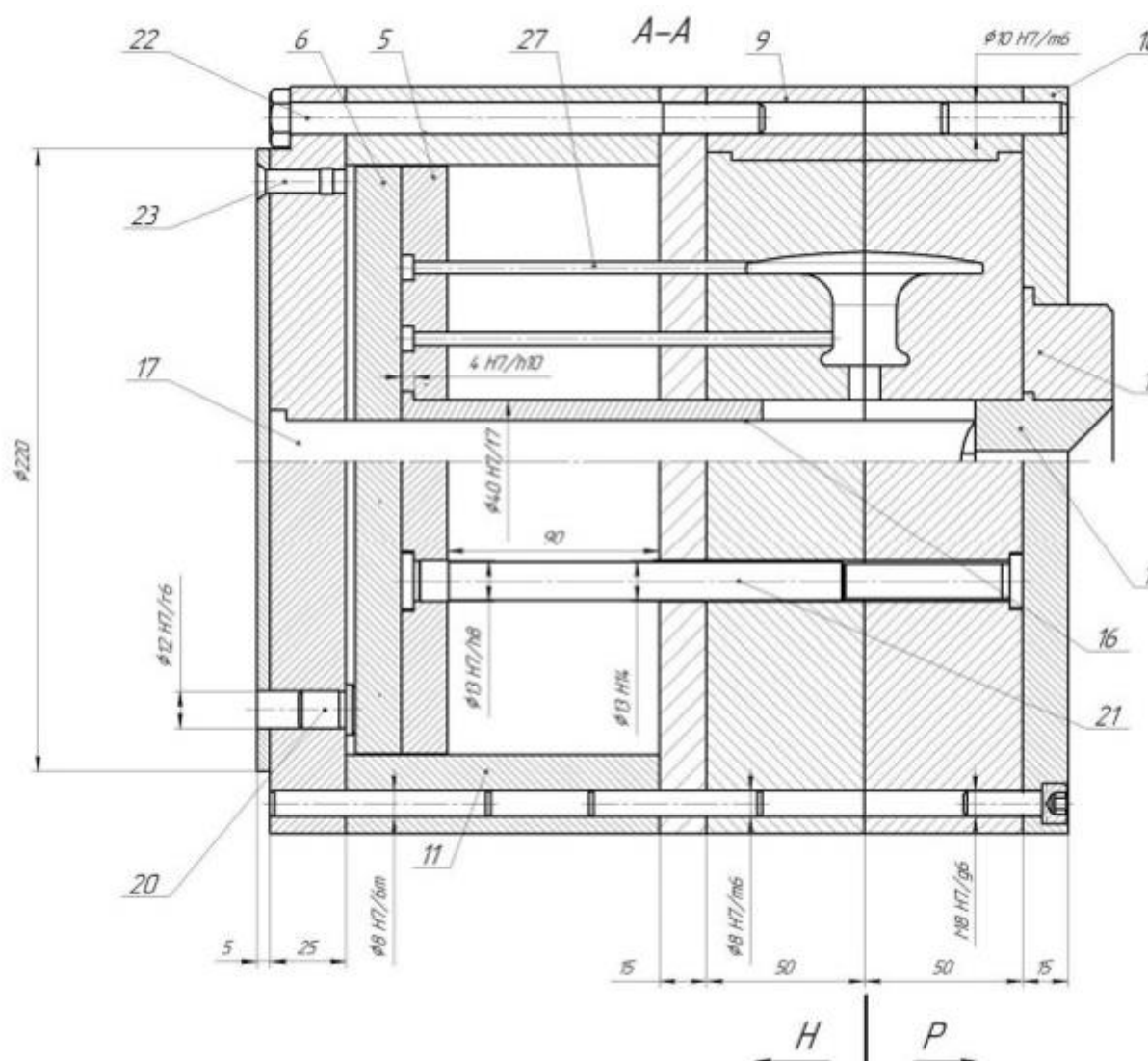


Рисунок 5.2 – Пресформа модельна

## 5.9 Шихтові матеріали та їх підготовка

У ливарному виробництві під шихтовими матеріалами розуміються різні матеріали, такі як метали, сплави, спеціальні легування, присадки, що сприяють утворенню шлаку та інші речовини, які використовуються для приготування різноманітних сплавів.

Шихта, яка використовується в ливарному виробництві, складається з різних складових компонентів. Серед цих компонентів є свіжі матеріали, такі

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 41  |

як чавуни різних марок, сталі, мідь, алюміній, цинк, нікель та інші, які надходять з металургійних заводів. Також до складу шихти входить брухт чорних сплавів та лом кольорових сплавів, які є переробленими промисловими вторинними матеріалами. Крім цього, в шихті використовуються спеціальні феросплави та лігатури, які є проміжними сплавами і містять більш тугоплавкі елементи разом з легкоплавкими матеріалами, що надходять з металургійних заводів. Шихта також може включати відходи виробництва, такі як ливарні системи, надливи, браковані деталі та брикетована стружка з механічних цехів. Кількісне співвідношення модельної маси та металу в шихті залежить від якості початкових матеріалів і вимог щодо отримання потрібних сплавів.

Свіжі метали, сплави і лігатури, що входять до шихтових матеріалів, є дорогими і використовуються у обмеженій кількості. Однією з головних причин включення свіжих металів і сплавів до шихти є зниження загального вмісту шкідливих домішок, які присутні в вторинних матеріалах і ливарних відходах. В залежності від технологічних процесів плавлення і типу печей, шихтові матеріали піддаються відповідним підготовкам. Наприклад, сталевий брухт може бути розрізаний за допомогою ацетиленово-кисневого полум'я, або тонкі та дрібні шматочки можуть бути спресовані в пакети.

Ефективна підготовка шихтових матеріалів є вирішальним фактором для успішного процесу плавки, забезпечення продуктивності печей і отримання якісних сплавів. Цей процес включає такі етапи:

- попереднє підігрівання шихти для випаровування вологи, що дозволяє знизити вміст вологи в матеріалах перед плавленням.
- підготовка власного виробництва, яке повинно бути належним чином підготовлене до використання. Це включає досягнення необхідних розмірів, очищення від залишків формувальної суміші та стружки. Власне виробництво зберігається окремо від інших матеріалів і утримується в належному стані.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 42  |

– для зменшення утворення шлаку під час плавлення, злитки сталі перевіряються та очищаються від непотрібних забруднень. Транспортування шихтових матеріалів здійснюється за допомогою візків або електрокарів, причому візки є більш поширеним засобом транспортування в цьому процесі.

Після підготовки шихтових матеріалів вони розміщуються у спеціальних бункерах або засіках, з яких здійснюється відбір для завантаження в плавильну піч.

Щодо виготовлення виливки "Бойок буфера", використовується шихта, в якій співвідношення складових складає 50/50%, де 50% становлять чисті матеріали. Такий склад шихти підібраний з метою отримання сталі високої якості. Детальний склад шихти можна знайти у табл. 5.7.

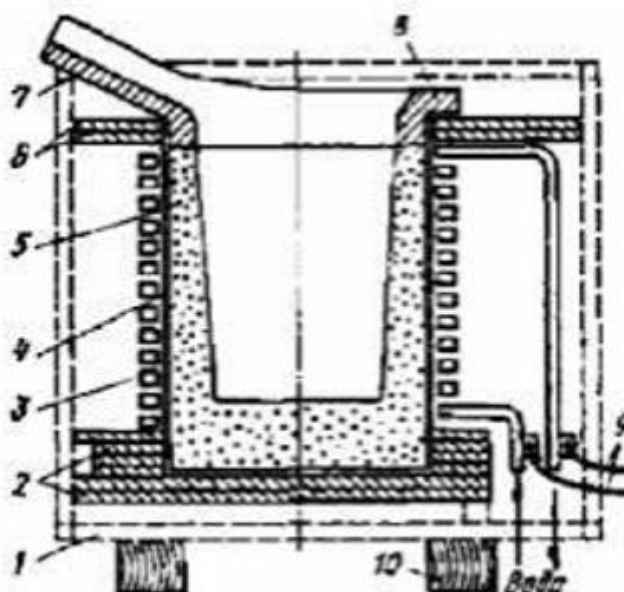
Таблиця 5.7 – Склад шихти

| Індекс позиції | Найменування матеріалів     | Марка сплавів |        |
|----------------|-----------------------------|---------------|--------|
|                |                             | 40ХЛ          |        |
| 1              | Металопрокат                | 50            | 154,25 |
| 2              | Зворот власного виробництва | 50            | 154,25 |
| Всього         |                             | 100           | 308,5  |

#### 5.10 Вибір плавильного агрегату

Для плавлення сталі використовуються індукційні печі зображена на рис. 5.3

Характеристика печі представлена в табл. 5.9.



1–каркас; 2–подова плита; 3–індуктор; 4–ізоляційний шар; 5–тигель; 6–абоцементна плита; 7–зливний носок; 8–комір; 9–гнучкий струмопровід; 10–дерев’яні бруси;

Рисунок 5.3 – Індукційна піч

Таблиця 5.9 – Характеристики печі ІСТ-0,16 [2]

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| Ємність, т                                  | 0,16 |
| Швидкість розплавлення, т/год               | 1    |
| Витрати охолоджуючої води, т/ год           | 11   |
| Номінальна напруга мережі, В                | 380  |
| Питома витрата електроенергії<br>кВт/год./т | 560  |
| Потужність, кВт                             | 250  |

Індукційні печі є найзручнішими плавильними пристроями для виготовлення сплавів, особливо у цехах, де використовуються спеціальні методи лиття. Ці печі дозволяють плавити різноманітні сплави з будь-яким вмістом легуючих елементів і в будь-якій кількості. При використанні

індукційних печей склад шихти може дорівнювати 100% легованих відходів або матеріалів власного виробництва, що спрощує процес виготовлення сплаву.

Плавлення чавуну у печах з кислотою футеровкою здійснюється за допомогою методу переплаву в індукційних печах. Для успішного процесу плавлення необхідно добре підібрати шихту, щоб після розплавлення метал мав близький до заданого хімічного складу. У процесі плавлення шихти утворюються холодні та в'язкі шлаки, які мають важливу функцію - захищати метал від газопоглинання та поверхневого окислення.

Технологічний процес плавлення:

Для приготування сталевого розплаву необхідно пройти кілька етапів:

- нагрів печі до потрібної температури.
- завантаження шихти до печі.
- витримка шихти у печі до досягнення розплаву.
- окиснювальний період, коли відбувається окислення домішок та забруднень у шихті.
- відновлення сталі, коли здійснюється процес видалення окислів та забруднень, а сталь повертає свою чистоту.
- випуск розплаву із печі.

Тривалість плавки зазвичай складає приблизно 1,5 години.

#### 5.10. Розрахунок температури розплаву перед випусканням із печі

Температура, при якій сталь заливається, залежить від різних факторів, таких як склад сплаву, товщина стінок та спосіб заповнення форми. Рекомендована температура для заливання сталі зазвичай коливається в межах 1560-1600 °С, і в нашому випадку ми вибрали температуру 1580 °С. При випуску розплаву з печі, його температура знижується на 50-100 °С. Під час транспортування розплаву з печі до форми у ковшах, температура

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 45  |

зменшується на приблизно 20 °С за кожну хвилину. Середня тривалість транспортування становить 2 хвилини.

Після врахування всіх факторів втрати тепла, температура випуску складається:

$$T_{\text{вип}} = 1580 + 70 + 20 * 2 = 1690$$

Перед заливанням форми в контейнер укладаються металевий дріб або кульки.

### 5.11 Вибір технологій вибивання форм і фінішних операцій

Після повноцінного охолодження, контейнер піддається обробці на вібраційній установці, де металевий дріб використовується для руйнування вогнетривкої оболонки. Більш важкодоступні місця піддаються очищенню шляхом викупування.

### 5.12 Відокремлення елементів ливникової системи від виливків

Розділення ливникової системи від виливка здійснюється шляхом використання механічних інструментів. Для очищення заливів та виправлення дефектів використовуються спеціальні знаряддя, такі як різальні інструменти і шліфувальні засоби. Пневматичні рубальні молотки з зубилами використовуються для відокремлення заливів та нерівностей на зовнішніх і внутрішніх поверхнях середніх та великих виливків. Ці молотки також використовуються для випробування дефектів перед заварюванням та відокремлення фальшивих ребер. В останній час для обрізання та очищення виливків широко застосовується метод повітряно-дугового різання. Для очищення живильників, випорів і надливів використовують спеціальні установки, оснащені абразивними корундовими або карбокорундовими

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 46  |

дисками. Для очищення дрібних виливків від просіків, гострих країв та залишків ливникових систем використовують заточні шліфувальні верстати.

### 5.13 Контроль виливків. Основні дефекти

Надійність роботи механізму, тривалість його функціонування і рентабельність в значній мірі залежать від якості виготовлених деталей. Окрім контролю якості на кожному етапі виробництва, такого як перевірка вихідних матеріалів, моделей та форм металу, необхідний контроль готових виливок. Для досягнення цієї мети використовуються різні методи контролю, які враховують призначення деталей та вимоги до їх якості.

Деталі, використовувані в процесі роботи, повинні відповідати певним вимогам, які служать основним критерієм для контролю їх якості. Ці вимоги стосуються точності розмірів, щільності, відсутності внутрішніх ливарних дефектів та чистоти поверхні. Контроль якості виливків здійснюється з метою переконатися, що вони відповідають цим вимогам.

Вимоги до якості виливків визначають методи контролю, які застосовуються. Усі виливки, виготовлені за допомогою виплавляємих моделей, поділяють на п'ять груп.

— виливки, що належать до групи 1, призначені для роботи при максимальних навантаженнях для певного сплаву. Поломка таких виливок може призвести до аварії машини та становити ризик для здоров'я та життя людей. Наприклад, це можуть бути литі турбінні лопатки авіаційних двигунів, деталі кермового управління та гальма автомобілів.

— поломка виливків 2 групи може призвести до аварії машини, що спричинить зупинку її роботи і потребуватиме значного ремонту, але при цьому не становить загрози для здоров'я та життя людей. Прикладами таких виливок є лопатки трубокомпресорів наземних двигунів внутрішнього згоряння, клапани, штовхачі та інші рухомі деталі.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 47  |

– виливки, що належать до групи 3, потребують заміни у разі поломки. Наприклад, це можуть бути важіль ручної підкачки бензину, важіль приводу акселератора автомобільного двигуна, литі кронштейни та інші деталі.

На відмінну від 2 групи, група 4 включає деталі навпаки, поломка котрих не призводить до негайної зупинки машини, і вона може продовжувати працювати до запланованого ремонту або до кінця зміни. Прикладами таких деталей можуть бути кожухи та не навантажені кронштейни.

Група 5 включає виливки, які не впливають на роботу машини, а лише на її зовнішній вигляд. Відсутність цих виливок може погіршити естетичний аспект, наприклад емблеми та декоративні деталі.

Групу контролю виливків встановлює проектний відділ машини, зазначаючи її у технічних умовах та кресленнях деталі. На основі цих вимог, технологи спільно з працівниками технічного контролю встановлюють норми і розробляють методи контролю.

Виливки, що належать до групи 1, підлягають контролю з використанням загальних і спеціальних методів. В цьому контролі використовуються візуальні методи для виявлення зовнішніх дефектів, вимірювання геометричних розмірів, аналіз хімічного складу, а також оцінка механічних і спеціальних властивостей. Крім того, проводиться перевірка наявності внутрішніх дефектів та виявлення невидимих поверхневих дефектів, які не можуть бути помічені неозброєним оком.

Для виливок, що належать до групи 2, проводиться контроль розмірів та виявлення внутрішніх та зовнішніх дефектів. При цьому з партії виливків, які вироблені в рамках однієї плавки, відбираються зразки для проведення механічних випробувань. В деяких випадках також можуть бути проведені спеціальні випробування для перевірки особливих властивостей.

Контроль виливків групи 3 включає перевірку геометричних розмірів та виявлення зовнішніх дефектів для впевненості в їх якості. Також проводиться

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 48  |

перевірка хімічного складу сплаву для кожної плавки. З механічних властивостей може бути перевірена лише твердість в деяких випадках. Проте, внутрішні дефекти в виливках цієї групи не підлягають контролю.

Виливки групи 4 підлягають контролю точності геометричних розмірів та виявленню дефектів. Хімічний склад може бути перевірений для кожної окремої плавки або для змінної (добової) партії плавок.

Для виливок групи 5 проводиться контроль лише зовнішнього вигляду та вибіркового контролю геометричних розмірів (з обсягу від 10 до 1%). Щодо хімічного складу, перевірка його виливок цієї групи зазвичай проводиться один раз на добу та є необов'язковою.

Так, для виливків різного призначення встановлені різні норми і методи контролю, оскільки вони мають відмінні вимоги і стандарти щодо якості та безпеки.

Контроль хімічного складу. У цеховій або заводській лабораторії проводиться перевірка хімічного складу сплаву за допомогою хімічного та спектрального аналізу. Цей процес включає визначення основних елементів сплаву і виявлення наявності шкідливих домішок. Якщо точний склад шихти відомий, то контроль хімічного складу проводиться вибірково, наприклад, перевіряють кожну десятку плавку.

Хімічний аналіз використовується для розчинення певної кількості зразка сплаву, після чого окремі елементи сплаву виділяються в чистому стані, і їх процентний склад визначається. Цей метод надає точну інформацію про склад елементів у сплаві, але вимагає значного часу для проведення.

Спектральний аналіз базується на спостереженні спектра випромінювання, що виникає під час взаємодії дугового розряду з поверхнею матеріалу. За допомогою спектра випромінювання визначають якісний та кількісний склад сплаву.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 49  |

Спектральний аналіз має кілька переваг перед хімічним аналізом, таких як швидкість та висока точність навіть при низькій концентрації елементів у сплаві.

#### Зовнішній огляд виливки

Виливки проходять два етапи зовнішнього огляду. Перший етап, який називають попереднім оглядом, виконують безпосередньо після очищення виливки від вогнетривкої оболонки. Цей огляд дозволяє виявити причини ливарних дефектів на поверхні виливки та визначити подальші заходи щодо усунення браку. Другий етап огляду проводять після очищення виливки від литників.

Оцінку чистоти поверхні виливки проводять візуально шляхом порівняння з еталоном. В разі виявлення дефектів на поверхні виливки, їх порівнюють з допустимими дефектами, які встановлені затвердженими еталонами або описані в технічних умовах.

#### Контроль розмірів

У ливарному цеху геометричні розміри виливок перевіряють відповідно до ливарного креслення, на якому зазначені лише ті розміри, які підлягають перевірці в цьому конкретному цеху.

Для забезпечення якості виливок проводяться два види контролю: постійний контроль коливаючихся розмірів і періодичний контроль всіх розмірів. При освоєнні нової прес-форми і після її виготовлення та налаштування перевіряють всі розміри виливки. Для цього вимірюють кілька партій виливок і порівнюють отримані результати з розмірами, зазначеними на кресленні. Для отримання точних розмірів ребер і стінок виливки розрізають на частини. З течією часу розміри порожнини прес-форми можуть зноситись, тому регулярно проводять контроль розмірів виливок.

#### Контроль механічних властивостей

Механічні властивості виливки включають твердість і опір розтягу. Твердість виливки визначається шляхом застосування навантаження на кулю

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 50  |

діаметром 10 мм на ричажному пресі з силою не менше 10 кН після термічної обробки. Міцність при розтягу перевіряється шляхом тестування зразків, які вирізаються з готової виливки, на розривних машинах. Дану методику часто використовуюється для виявлення слабких місць у виливках.

#### Контроль структури виливка

Для перевірки структури виливків застосовуються методи оцінки макро- і мікроструктури. Макроструктура виливків включає оцінку зернистості сплаву, його однорідності та виявлення наявності неметалічних включень. Під час аналізу макроструктури виливків також виявляють пористість та тріщини. Макроструктуру виливків перевіряють за допомогою мікроскопа на мікрошліфах зі збільшенням від 60 до 500 разів.

Виявлення тріщин є одним з найважчих завдань при контролі дефектів виливок. У таких випадках використовується метод дефектоскопії. Під час цього процесу виливку обробляють спеціальною фарбою, яка проникає в навіть найдрібніші тріщини. Потім з поверхні виливки зливають зайву фарбу, а саму виливку фарбують другою фарбою (фоном). Завдяки цьому, попередня фарба, яка залишилась в тріщині, виокремлюється на фоні іншої фарби, що дозволяє точно визначити місцезнаходження та довжину тріщини.

Для виявлення дефектів, які виходять на поверхню, широко використовується метод люмінесцентного контролю, який підходить для майже всіх металів і сплавів. При цьому використовується речовина, яка має властивість флюоресценції або люмінесценції, тобто вона поглинає певні хвилі світла і виділяє його у вигляді випромінювання. Виливку занурюють у ванну з такою рідиною на 1-2 хвилини, що дозволяє виявити наявність дефектів шляхом спостереження за випромінюванням. Дана рідина проникає у тріщини та інші дефекти на глибину 10-20 мм. На поверхні виливки зайву рідину змивають водою. Потім через виливку пропускають ультрафіолетові промені, і в місцях, де є дефект або тріщина, рідина починає світитися.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 51  |

Рентгенівський контроль є більш точним і ефективним методом перевірки виливок. Його суть полягає в пропусканні рентгенівських променів через виливку. Для проведення контролю на робочий стіл розміщують спеціальний папір, який називається рентгенівською плівкою. На цю плівку кладуть виливку, а потім пропускають рентгенівські промені через неї.

Рентгенівські промені відбиваються від поверхні виливки, але проникають через дефекти, залишаючи чорні точки на рентгенівській плівці. Довжина хвилі рентгенівських променів коливається в діапазоні від 0,31 до 0,0006 нм.

Ультразвуковий контроль полягає у використанні ультразвукового генератора для створення імпульсу ультразвуку, який проходить через виливку. За допомогою осцилографа або спеціального пристрою можна визначити місця розташування дефектів, відображених у вигляді змін ультразвукових хвиль.

#### Класифікація дефектів виливки.

Поява дефектів у виливках може бути наслідком недосконалостей у конструкції деталі, неправильної технології виготовлення або порушення технологічного процесу. Недотримання технології є найбільш поширеною причиною появи дефектів у виливках, тому важливо вибрати правильну технологію та провести її випробування на партії виливок. Дефекти, що виникають як наслідок порушення технології, можуть з'явитися на будь-якій стадії виготовлення виливки, наприклад, через некоректне приготування сплаву або неправильний температурний режим під час лиття. Відповідальність за контроль за дотриманням технології покладається на майстра та технолога.

Деякі виливки можуть бути віднесені до умовного браку, коли вони мають незначні відхилення, які не впливають на функціонування та ефективність деталей. Такі виливки все ж використовуються на виробництві. Деякі дефекти виливок можуть бути виправлені або скориговані.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 52  |

Виправний брак виливок відноситься до дефектів, які можуть бути виправлені шляхом застосування різноманітних методів. Після виправлення ці виливки стають придатними для використання.

Брак виливок поділяється на два типи: внутрішній та зовнішній, залежно від місця, де він виявляється. Внутрішній брак виявляється в ливарному цеху, тоді як зовнішній брак виявляється в механічному або інших цехах на заводі. Зовнішній брак виливок є найбільш затратним для заводу, оскільки його виправлення вимагає додаткових витрат на механічну обробку. Для запобігання такому браку важливо правильно визначити причини дефектів та вжити необхідні заходи для їх попередження (табл. 5.10).

Таблиця 5.10 - Дефекти виливок

| Назва дефекта                              | Причини утворення дефекту                                   | Методи попередження утворення дефекту                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                          | 2                                                           | 3                                                                                                                                                                                                                            |
| 1.Шорсткість поверхні                      | Недостатня чистота поверхні прес – форми                    | Робочу поверхню прес – форм та еталонів для виготовлення литих прес–форм обробляють та полірують, треба прочищувати та продувати стислим повітрям порожнини прес – форм, для видалення залишків модельної маси, води, змазки |
| 2.Недостатньо поверхнева міцність оболонки | Відхилення від рецептів приготування гідролізуючого розчину | Використовують рецепти гідролізу, які забезпечують підвищену міцність зв'язуючого та оптимальні співвідношення зв'язуючого з наповнювачем                                                                                    |

Продовження табл. 5.10

| 1                      | 2                                                                                                                                                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 Ужимини.             | Недостатнє живлення масивного вузла виливки, яка приводить до утворення усадочних раковин в середині вузла                                                                   | Покращити конструкцію виливки, змінити литникову систему. Підтримувати оптимальну температуру заливки. Литна воронка . стояк та прибутки повинні бути заповнені металом                                                          |
| 4. Жолоблення          | Нетехнологічність конструкції виливки; недостатня формостійкість.<br>Неохайне зберігання моделей та блоків перед монтажем та фарбуванням.<br>При вибивці та при термообробці | Змінювати конструкцію виливок. Зберігання моделей та модельних блоків у охолоджувальних шафах – термостатах при постійній температурі. Рівномірно ущільнювати наповнювач. Прогрів до температури термообробки проводити повільно |
| 5. Відхилення розмірів | Утворення тріщин у оболонці форми                                                                                                                                            | Закріплювати перший шар оболонки. Застосовувати модельний склад з малою в'язкістю                                                                                                                                                |
| 6. Газові раковини     | Підвищена газопроникненість ливарної форми. Неповне видалення з оболонки форми залишків модельного складу                                                                    | Зберігання режиму прокалювання, забезпечити повне видалення з форми газотвірних складових.<br>Прийняти найкращі методи для видалення моделей з оболонки                                                                          |

## 6 ПРОЕКТУВАННЯ ДРОБОМЕТНОГО БАРАБАНУ

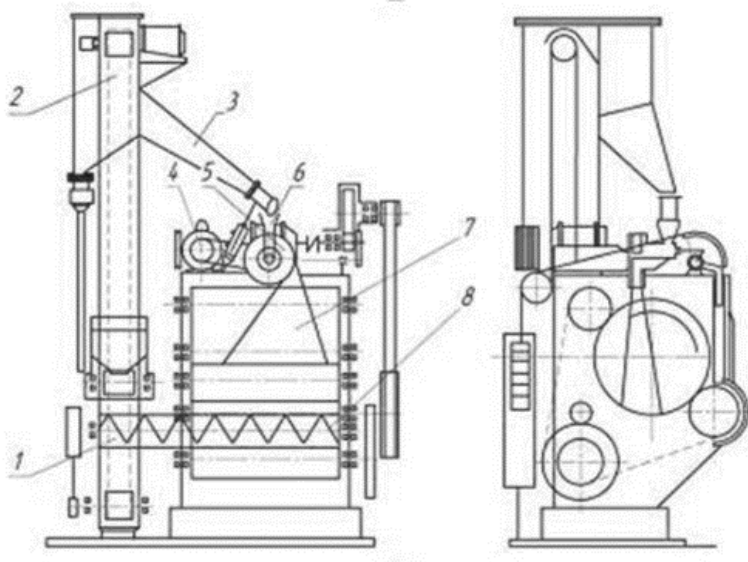
У процесі проектування відділення фінішних операцій було проведено розрахунок для дробометного стрічкового барабану.

Мета цієї машини полягає в очищенні виливок різної складності шляхом видалення дрібних дефектів, таких як пригар, незначні нерівності, очищення глухих порожнин, видалення окалини та інших забруднень [1].

### 6.1 Конструкція і робота машини

Для використання в ливарному цеху був вибраний дробометний барабан, який здатний очищати виливки масою до 25 кг. Цей барабан має продуктивність 4 тонни на годину, що дозволяє вчасно здійснювати процес очищення [1].

Принципова кінематична схема барабану представлена на рис. 6.1. [1].



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

Рисунок 6.1 – Кінематична схема дробометного барабана

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 55  |

Дробометний барабан складається з чотирьох основних вузлів, які включають в себе наступні компоненти: барабан апарату 8 зі шнеком, елеватори 10, 11, 14 і завантажувальний скіповий підйомник 1. На каркасі барабана розміщені два бічних диска 20, пересувний піддиск 21 і шнек 22 [].

Рухомий піддиск 21 приводиться в рух (в обидва напрямки) з використанням електродвигуна, редуктора, ремінної та зубчастої передачі. Верхня гілка піддиска рухається у напрямку годинникової стрілки. Піддиск взаємодіє з двома торцевими дисками 20, які мають бронювання в середині і утворюють робочий простір барабану.

19-й дверний елемент закриває простір і має гумове покриття зсередини. Він виготовлений з листової сталі. Двері обшиті гумою з внутрішньої сторони для захисту від викиду дробу.

Під гілкою поду 21 знаходиться шнек 22, який використовується для транспортування відпрацьованого дробу та піску. Вертикальні стінки камери містять вал шнеку, який має контакт з елеватором. На цьому валу знаходиться барабанний грохот, обшитий сіткою.

Дріб спочатку подається в грохот, а потім просіюється у живильник. Живильник складається з двох коробок, які виготовлені з листової сталі. Одна з коробок розташована знизу і використовується для подачі дробу, який надходить з камери до стрічкового елеватора. Після цього шнек використовується для викидання дробу назад в коробку.

Дробометний апарат 8 розташований на верхній плиті каркасу.

Для компенсації втрат дробу у верхній коробці живильника використовується бункер. Привід барабана здійснюється за допомогою ланцюгової передачі. Кожного разу, коли двері машини відкриваються, подається задана кількість дробу.

Ковші вбудовані на стрічці, що знаходиться всередині елеватора. Елеватор рухається зі швидкістю 1,1 м/с. Дріб, перебуваючи у елеваторі, проходить до сепаратора 9, де він очищається від битого дробу та пилу. Ці

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Піппис | Лата |                        | 56  |

частинки осідають у сепараторі та, за допомогою відводної труби 14, видаляються з машини до секторного затвора. Затвор складається з зварного патрубку з вбудованим затвором. Привід затвору здійснюється за допомогою пневмоциліндра.

Патрубок приєднано до бункера, який транспортує дріб з сепаратору до дробометного барабану [1].

Завантажувальний скіповий підйомник, що включає раму 4, опрокидувач і ковш 1, використовується для підняття ковша. Підйом ковша здійснюється за допомогою тросів 2, які перекинуті через блоки. Один кінець тросів закріплений у верхній частині, яка виступає як направляюча, а інший кінець прикріплений до барабанів.

Ковш рухається вперед до тих пір, поки не натрапляє на упори, які прикріплені до швелерів. В цьому положенні ковш знаходиться в камері і поступово змінює кут нахилу, що призводить до висипання виливок на рухомий піддон 21.

У зв'язку з екологічними вимогами, пил видаляється з машини за допомогою вентиляційної системи, яка збирає його через патрубки сепаратора та камери. На цьому шляху встановлено уловлювач, який перешкоджає часточкам дробу потрапляти в повітря. Завдяки системі перегородок, дріб, відбиваючись, повертається до камери.

## 6.2 Розрахунки основних технологічних та конструктивних параметрів машини

Визначається розрахункова швидкість обертання ротора і робочого колеса:

$$n_p = \frac{30 \cdot v}{\pi \cdot R \cdot \sqrt{2(1 - f + f^2)}} \quad (6.1)$$

де R - конструктивний радіус дробометного колеса (встановлюється з

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 57  |

креслення), м;

м<sup>3</sup>/год

f - коефіцієнт тертя дробу про лопатки. Для круглої дробу становить

$f \approx 0,12-0,16$ ; для колоїд –  $f \approx 0,25-0,30$

$$n_p = 1200 / (3.14 \cdot 0.225 \cdot 1.2648) = 939$$

Визначається діаметр отвору для дробу в днище бункера:

$$D = 0,168 \left( \frac{\Pi}{\gamma} \right)^{0,4}, \quad (6.2)$$

де  $\gamma$  – насипна густина дробу ( $\gamma = 2100$  кг/м<sup>3</sup>), кг/м<sup>3</sup>.

$$D = 0.168 \cdot (100/2100)^{0.4} = 0.049$$

Визначається діаметр прохідного перетину живлячої патрубк:

$$d_n = 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{0,08 \cdot \Pi \cdot n_0}{n_p} + 17}, \quad (6.3)$$

$$0,01 \cdot (18000/939,17 + 17) = 0,05514$$

де  $n_0$  - базова швидкість обертання ротора (колеса), хв-1;

$$(n_0 = 2250 \text{ або } 2450 \text{ хв}^{-1}).$$

Визначається внутрішній радіус імпеллера (рис. 6.2):

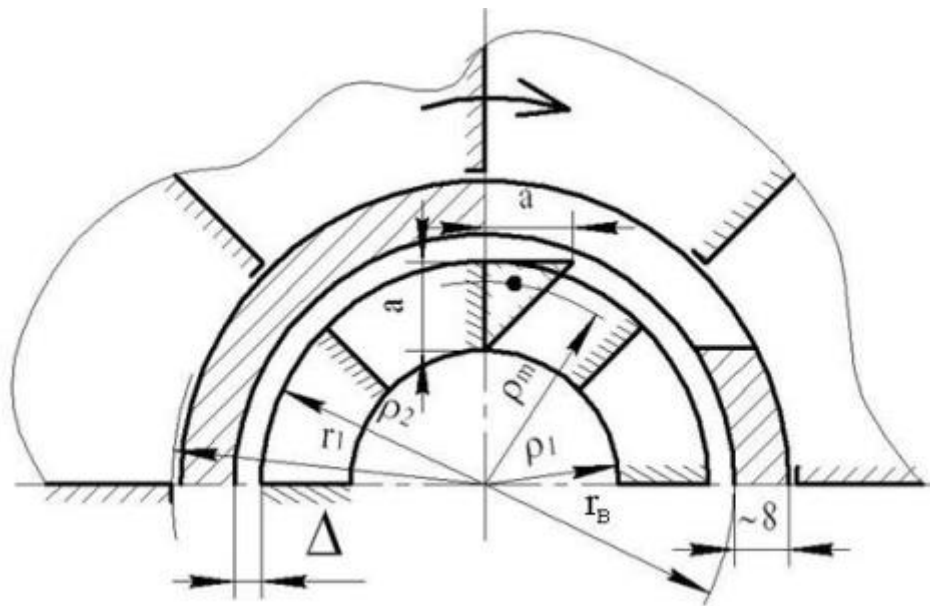


Рисунок 6.2 – Схема імпеллера

$$\rho_1 = \frac{d_s}{2}, \text{ м} \quad (6.4)$$

$$0,05514/2=0,02743$$

Визначення зовнішнього радіуса імпеллера:

$$\rho_2 = \rho_1 + \delta_{\text{л}}, \text{ м} \quad (6.5)$$

де  $\delta_{\text{л}}$  – висота лопатки імпеллера, м;  $\delta_{\text{л}} = 0,015$  м

$$0,02743/0,015=0,03983$$

Визначення внутрішнього радіусу розподільної втулки:

$$r_{\text{в}} = \rho_2 + \Delta, \quad (6.6)$$

$$0,03983+0,0015=0,05483$$

де  $\Delta$  – радіальний зазор між імпеллером і втулкою, м;

$$\Delta \approx (3,0 - 4,0)A, \quad (6.7)$$

де  $A$  – середній розмір використовуваної дробу (діаметр дробинки = 0,0008 – 0,0025 м), м.

Встановлюється ширина вікна розподільної втулки імпеллера, рівній ширині лопатки імпеллера

$$b=0,05 - 0,06 \text{ м.}$$

Визначаються усереднені розміри пакетів дробу, що викидається лопатками імпеллера:

$$a = \sqrt{\frac{2 \cdot \Pi}{b \cdot i \cdot n_p \cdot \gamma}}, \quad (6.8)$$

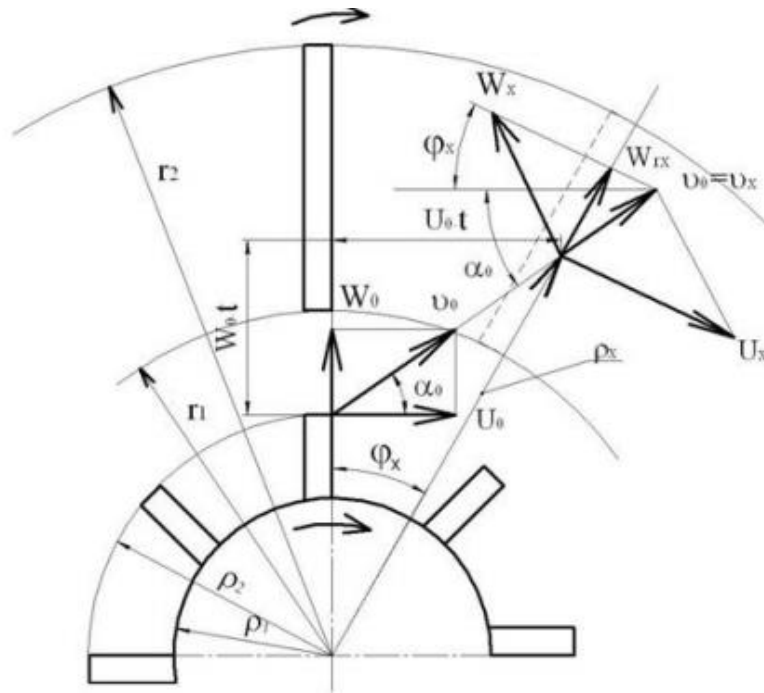
де  $b$  – ширина лопатки імпеллера, м;

$i$  – кількість лопаток імпеллера.

$$200/1334680 = 0,01498$$

Визначення радіуса центру ваги пакета дробу:

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 59  |



$$\rho_m \approx \rho_2 - \frac{a}{3}, \text{ м}$$

$$0,05483 - (0,01498 - 3) = 0,038852,$$

Розрахунок окружний складової швидкості сходу дробинок з лопатки імPELLера:

$$U_0 = \frac{\pi \cdot n_p \cdot \rho_2}{30}, \quad (6.9)$$

$$100 \cdot 939,17 \cdot 0,05483 / 30 = 190,5476$$

Розрахунок радіальної складової швидкості сходу дробинок з лопатки імPELLера:

$$W_0 = \frac{\pi \cdot n_p}{30} \cdot \sqrt{\rho_2^2 - \rho_m^2}, \quad (6.10)$$

$$100 \cdot 939,17 / 30 \cdot (0,05483 - 0,036834) = 1,264187$$

Розрахунок абсолютної швидкості виходу дробинок з лопатки імPELLера:

$$v_0 = \sqrt{W_0^2 + U_0^2}, \quad (6.11)$$

$$1,264187 + 190,5476 = 191,8117$$

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Анк |
|     |     |        |        |      |                        | 60  |
| Змн | Анк | № док. | Підпис | Дата |                        |     |

Розрахунок потужності електродвигуна приводу дробометного апарату:

$$N_p = \left[ \frac{1,3 \cdot \Pi \cdot (r_2^3 - r_1^3)}{60} + 0,1 \right] \cdot \omega^3 \cdot 10^{-3}, \quad (6.12)$$

$$0,1248 + 0,1 \cdot 19759 \cdot 10^{-3} = 4,4$$

### 6.3 Догляд за машиною

Очищення деталей здійснюється за допомогою струменя дробу, який викидається лотками дробометного апарату зі швидкістю 80...100 м/с. При ударі по поверхні виливок, які потребують очищення, дріб відокремлює пригорілу формувальну суміш або окалину, які частково видаляються за допомогою потоку відсмоктуваного повітря.

Перед початком роботи в машині має бути завантажено 500 кг дробу. Завантаження ковша з виливками, призначеними для очищення, відбувається під час процесу очищення виливок попередньої партії, коли ковш перебуває у нижньому положенні в приймку.

Камерою передаються виливки, які придатні для дальшого оброблення дробом, до ковша завантажувального підйомника за допомогою транспортера.

Кінематичне зв'язування вала барабану з кінцевим вимикачем дозволяє налаштувати кількість оборотів, при якій вимикається двигун завантажувального підйомника. Цей механізм використовується для налаштування ходу ковша підйомника.

Після опускання ковша в нижнє положення, двері очисної камери закриваються, секторний затвор відкривається, елеватор зі шнеком та дробометний апарат вмикаються.

Рухома частина пода, яка рухається в напрямку годинникової стрілки, постійно переміщує деталі, які проходять очищення, що забезпечує їх рівномірне обстрілювання дробом з дробометного апарата.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 61  |

Після очищення у робочій камері, дріб проходить через отвори в пластинках стрічки рухомого пода і падає на огородження. Потім він транспортується за допомогою шнеку до нижньої частини елеватора.

Елеватор захоплює дріб за допомогою ковшів і піднімає його вгору, а потім кидає у сепаратор. У сепараторі дріб очищується повітрям, яке поступово проходить через рукав, і після цього направляється в дробометний апарат.

Після завершення процесу очищення, секторний затвор закривається, а елеватор, дробометний апарат та шнек вимикаються. Потім двері відкриваються, і рухомому поду надається зворотний рух (руха проти годинникової стрілки). Це дозволяє вивантажити очищені деталі з камери, які падають у тару або на збиральний конвеєр.

Догляд за машиною:

- необхідно уникати запуску рухомого поду, коли дверцята очисної камери зачинені під час вивантаження.
- запобігати завантаженню дробу в бункер, коли елеватор працює.
- регулярно перевіряти натяг ланцюга рухомого поду та стрічки елеватора, щоб вони були в належному стані.
- вибирати лопатки дробометного апарата в комплекті по 8 штук з масовою різницею не більше 3 кг. При появі вібрації слід перевірити масу лопаток.
- моніторити, щоб отвір розмежувальної камери не збільшувався більше, ніж допустиме значення, оскільки це може призвести до збільшення сектору обстрілу дробом.
- запобігати значному зносу лопаток дробометного апарата.
- слідкувати за станом внутрішньої облицювальної частини корпусу дробометного апарата.
- періодично проводити огляд всіх деталей машини і промивати всі тертячі частини.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 62  |

- дотримуватись щільного зажиму скріплюючих болтів машини.

#### 6.4 Техніка безпеки при роботі з машиною

Робота дробометного очисного барабану супроводжується значним утворенням пилу та виникненням шуму.

Для забезпечення відповідних умов праці в відділенні фінішних операцій, де проводиться очищення виливків, встановлено систему приточно-витяжної механічної вентиляції та природної аерації. Ця система забезпечує відведення шкідливих речовин та витяг повітря з відділення, а також поступання свіжого повітря через витяжки та двері, що з'єднують відділення з іншими зонами ливарного цеху для транспортування виливків. Для дробометних барабанів встановлені спеціальні кожухи, які обладнані системою місцевої витяжної вентиляції.

Дана машина, разом з добре спроектованим відділенням, сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище шкідливих пилових викидів, які можуть виникати під час роботи механізму.

Завдяки захисним кожухам, працівники можуть уникнути потенційної небезпеки, пов'язаної з викидом дробу з машини. Для додаткового захисту своїх очей, працівники носять захисні маски, які запобігають потраплянню шматочків дробу до їхніх очей.

У машині встановлена система блокування, яка активується, коли вентиляція вимкнена. Установка розташована за огороженням та шторами. Додатково, стінки установки були обладнані резиновими прокладками, що допомагають максимально знизити рівень шуму.

|     |     |         |        |      |                        |     |
|-----|-----|---------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |         |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |         |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № локум | Пілпис | Лата |                        | 63  |

## 7. ОРГАНІЗАЦІЙНО - ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

7.1 Визначення капітальних вкладень у проект відділення виготовлення моделей цеху

Для визначення величини необхідних капітальних вкладень (у гривнях) застосовується метод розрахунку окремих елементів вкладень, відповідно до формули:

$$K = K_0 + K_{\text{осн}} + K_{\text{інв}} + K_{\text{м}}, \quad (7.1)$$

де  $K_0$  – капіталовкладення у необхідне обладнання;  $K_{\text{осн}}$  – капіталовкладення в оснащення;

$K_{\text{інв}}$  – капіталовкладення в інвентар;

$K_{\text{м}}$  – капіталовкладення у запаси матеріалів, напівфабрикатів.

Вкладення в устаткування (у грн.) розраховують за формулою:

$$K_0 = K_{\text{т}} + K_{\text{о}} + K_{\text{е}} + K_{\text{уп}}, \quad (7.2)$$

де  $K_{\text{т}}$  – капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;  $K_{\text{о}}$  – капіталовкладення оснастку та інструменти;

$K_{\text{е}}$  – капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{\text{уп}}$  – капіталовкладення у засоби контролю та управління.

Витрати на придбання, доставку і встановлення необхідного устатковування обчислюються за допомогою відповідної формули:

$$K = \Pi \cdot (a_{\text{т}} + a_{\text{б}} + a_{\text{м}}), \quad (7.3)$$

де  $\Pi$  – договірна ціна одиниці технологічного устатковування, грн.;

$a_{\text{т}}$  – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання устатковування (0,05...0,1);

$a_{\text{б}}$  – коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

$a_{\text{м}}$  – коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05...0,1).

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док-м. | Підпис | Дата |                        | 64  |

Розрахунок капітальних вкладень в устаткування плавильної ділянки наведений у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 –Розрахунок капіталовкладень в устаткування

| Найменування устаткування       | К-ть, шт | Вартість за одиницю, грн | Загальна вартість, грн | Витрати на монтаж, грн | Всього, грн |
|---------------------------------|----------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| Дробеметний барабан мод. 42322М |          | 20000                    | 40000                  | 4000                   | 44000       |
| Вибивна гратка мод.428          |          | 13000                    | 13000                  | 1300                   | 14300       |
| Галтувальний барабан мод. 4133  |          | 15000                    | 30000                  | 3000                   | 33000       |
| Дробеметна камера               |          | 120000                   | 120000                 | 1                      | 132000      |
| Візок передавальний             |          | 600                      | 3600                   | 3                      | 3960        |
| Всього                          |          |                          |                        |                        | 227260      |

Вартість обігового фонду оснастки та інструменту визначається на основі розрахунку вартості 8 гривень на кожен одиницю придатного вилитого виробу в межах річної програми.:

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot n_{\text{заг}}, \quad (7.4)$$

де  $n_{\text{заг}}$  – загальна кількість виливок на рік, шт.

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot 342466 = 8342466$$

Для визначення вартості виробничого та господарчого інвентарю приймається питомий відсоток 2% від загальної вартості устаткування:

$$K_{\text{інв}} = 227260 \cdot 0,02 = 4545$$

|     |     |         |        |      |                        |     |
|-----|-----|---------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |         |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |         |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док-м | Підпис | Дата |                        | 65  |

Витрати на ремонт становлять 10% від вартості інвентарю, що складає 454,5 гривні. Фінішне відділення не потребує значних капітальних вкладень в запаси матеріалів, оскільки його діяльність обмежена обробкою готової продукції, тому витрати на матеріали в цьому відділенні відсутні.

Визначимо кількість потрібного капіталовкладення у дільницю:

$$K = 227260 + 129\,976 + 4\,545 = 361\,781$$

## 7.2 Визначення чисельності робітників та витрат на заробітну плату

Кількість працівників, які працюють у відділенні фінішних операцій, встановлюється в залежності від трудомісткості виробничих операцій, що здійснюються на цій дільниці. Також може застосовуватися метод аналогії з існуючим виробництвом для визначення необхідної кількості основних виробничих працівників.

Чисельність основних робітників дільниці наведено у табл. 7.2, а допоміжних (начальник, майстер зміни) у табл. 7.3.

Загальні витрати на заробітну плату робітників включають основну та додаткову заробітну плату, а також відрахування на соціальні потреби. Сума цих відрахувань становить 22% від загального річного фонду заробітної плати.

Загальний фонд заробітної плати робітників обчислюється шляхом визначення основного і додаткового фонду заробітної плати. Основний фонд заробітної плати на рік для робітників, розподілених за професіями і розрядами, розраховується за певною формулою:

$$З = N \cdot \Phi \cdot C, \quad (7.5)$$

де  $N$  –число основних робітників даної професії та розряду, чол;

$\Phi$  –ефективний фонд часу роботи одного робітника за рік, год;

$C$  –годинна тарифна ставка, грн.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Піппис | Лата |                        | 66  |

Премія складає 25-35% від основного фонду заробітної плати. Розмір додаткового фонду визначається як сума всіх виплат, які здійснюються окремо. Загальний фонд заробітної плати (табл.7.2) розраховується як сума основного та додаткового фондів фінансування, які призначені для виплат робітникам на підприємстві.

Таблиця 7.2.– Результати розрахунків заробітної плати

| Найменування професії           | Годинна ставка, грн | Чисельність робітників, осіб | Плановий фонд робочого часу | Фонд основної зарплати, грн | Фонд додаткової плати, грн | Загальний фонд заробітної плати |
|---------------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Оператор дробеметного барабану  | 28,50               | 2                            | 1840                        | 104880                      | 26220                      | 131100                          |
| Оператор ґратки                 | 28,12               | 1                            | 1840                        | 51741                       | 12935                      | 64676                           |
| Оператор галтувального барабану | 28,50               | 2                            | 1840                        | 104880                      | 26220                      | 131100                          |
| Допоміжні робітники             | 26,13               | 2                            | 1840                        | 96159                       | 24040                      | 120199                          |
|                                 |                     |                              |                             | 357660                      |                            | 447075                          |

Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу  
приведений у табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Фонд заробітної плати управлінського персоналу

| Посада               | Кількість осіб | Місячний оклад, грн | Річний фонд заробітної плати, грн |
|----------------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|
| Начальний відділення | 1              | 18000               | 216000                            |
| Майстер зміни        | 2              | 15000               | 180000                            |
| Разом                | 3              |                     | 396000                            |

Отже, загальний фонд заробітної плати дорівнює:

$$447075 + 396000 = 843075$$

Витрати на електроенергію обчислюються на основі вартості 1 кВт-год електроенергії, яка становить 1,32 грн/кВт-год.

$$C_e = 688\,380 \cdot 1,32 = 908661,6$$

Вартість води визначаємо, спираючись з тарифу 5,48 грн. за 1 м3:

$$C_v = 5,48 \cdot 23423,8 = 128362,2$$

Витрати на експлуатацію і утримання устаткування складають 10% від його балансової вартості:

$$P_{\text{утр}} = 0,1 \cdot 227260 = 22726$$

Річні витрати на амортизаційні відрахування наведені в табл. 7.4

Таблиця.7.4 – Річні витрати на амортизаційні відрахування

| Групи основних фондів               | Вартість фондів, грн | Норми амортизаційних відрахувань, % | Вартість амортизаційних відрахувань, грн |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| Будівлі споруди                     | 2167074              | 5                                   | 108354                                   |
| Устаткування (основне та допоміжне) | 224197               | 15                                  | 33639                                    |
| Транспорт                           | 154000               | 25                                  | 38500                                    |
| Інвентар та Оснастка                | 54930                | 25                                  | 13733                                    |
| Всього                              |                      |                                     | 346284                                   |

Транспортні витрати становлять 60 грн. за перевезення 1 тонни придатного литва:

$$P_{\text{тр}} = 60 \cdot 5000 = 300000$$

Визначення амортизаційних відрахувань відбувається відповідно до норм амортизації, котрі встановлені і показані в табл. 7.5

Таблиця 7.5 – Норми амортизаційних відрахувань

| Найменування статті витрат            | Сума, тис. грн. |
|---------------------------------------|-----------------|
| Заробітна плата                       | 843075          |
| Відрахування на соц. заходи           | 185477          |
| Енергетичні витрати:                  |                 |
| 1.електроенергія                      | 908661,6        |
| 2.вода                                | 128362,2        |
| Ремонт та утримання в робочому стані: |                 |
| 1.устаткування                        | 22726           |
| 2.інвентарю та оснастки               | 454,5           |
| Амортизація:                          |                 |
| 1.устаткування                        | 33639           |
| 2.оснастки та інвентарю               | 13733           |
| Транспорт                             | 300000          |
| Дослідження, випробування             | 5000            |
| Охорона праці                         | 3500            |
| Винахідництво та раціоналізація       | 2500            |
| Канцелярія                            | 5000            |
| Інше                                  | 21521,28        |
| Всього                                | 2173650         |

Розмір витрат на дослідження, експерименти та випробування становить 500 грн. на кожного працівника:

$$P_{\text{досл}} = 500 \cdot 10 = 5000$$

Розмір витрат на винахідництво і раціоналізацію становить 250 грн. на кожного працівника:

$$P_{\text{рац}} = 250 \cdot 10 = 2500$$

Розмір витрат на охорону праці та техніку безпеки становить 350 грн. на кожного працівника:

$$P_{\text{охор}} = 350 \cdot 10 = 3500$$

Витрати, які не враховані в загальновиробничих витратах, складають 1% від загальної суми врахованих витрат:

$$P_{\text{невр}} = 0,01 \cdot 2\,152\,128 = 21\,521,28$$

### 7.3 Розрахунок продуктивності праці на дільниці

Продуктивність праці обчислюється як співвідношення між обсягом виробництва придатного литва протягом року та загальною чисельністю персоналу на дільниці:

$$ПП = Q/n, \quad (7.6)$$

де  $Q$  – кількість придатного литва за рік, т;

$n$  – загальна чисельність персоналу дільниці, особа.

$$ПП = 5000/10 = 500$$

### 7.4 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для здійснення порівняльного аналізу технічних рішень використовують показник економічної ефективності, такий як трудомісткість продукції:

$$t = \chi_{\text{осн}} \cdot \frac{\Phi_{\text{пр}}^{\text{пл}}}{Q}, \text{ нормо} \cdot \text{год} / \text{т}, \quad (7.7)$$

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 71  |

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

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

$\Phi_{плор}$  – плановий час роботи робітника за рік, год;

$Q$  – плановий річний обсяг виробництва продукції, т.

Підставивши необхідні значення в формулу (7.7), отримаємо:

$$t = 3.68$$

Період окупності капітальних витрат:

$$П_{ок} = (K / ГП_p) < П_{нок}, \quad (7.8)$$

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

$K$  – капітальні витрати, грн. ;

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

$П_{нок}$  – нормативний період окупності (3...5 років).

Річна сума грошового потоку визначається за формулою:

$$ГП_p = 0,81 \cdot (Ц - C_{п}) \cdot Q + \sum A, \quad (7.9)$$

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

0,81 – коефіцієнт частки чистого прибутку;

$Ц$  – ринкова ціна продукції;

$C_{п}$  – повна собівартість продукції;

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

За даними аналогічного цеху, повна собівартість продукції, яка включає цехову собівартість, адміністративні витрати та витрати на маркетинг та збут, перевищує цехову собівартість на 38%.

$$C_{п} = 12839 \cdot 1,38 = 17718,5$$

Підставивши необхідні значення у формулу (7.9), отримаємо:

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 72  |

$$ГП_p = 0,81 \cdot (18000 - 17718,5) \cdot 5000 + 357354 = 1500434$$

Підставивши необхідні значення у формулу (7.8), отримаємо:

$$П_{ок} = 2971533 / 1500434 = 2$$

Перелік типових порівняльних техніко-економічних показників наведені у табл. 7.8.

Таблиця 7.8 – Типові порівняльні ТЕП

| Найменування показників                        | Одиниця виміру | Значення за варіантами |               |
|------------------------------------------------|----------------|------------------------|---------------|
|                                                |                | базовий                | спроектований |
| 1. Річний плановий обсяг виробництва продукції | т              | 1500                   | 5000          |
| 2. Загальна площа ділянки                      | м <sup>2</sup> | 1420                   | 1728          |
| 3. Виробнича площа                             | м <sup>2</sup> | 980                    | 1205          |
| 4. Загальна чисельність працюючих              | осіб           | 9                      | 10            |
| 5. Капіталомісткість продукції                 | грн./т         | 19875,3                | 17718,5       |
| 6. Собівартість продукції                      | грн./т         | 16253                  | 12839         |
| 7. Період окупності                            | років          | 3,7                    | 2             |

## 8. ОХОРОНА ПРАЦІ

Мета цього розділу – визначення та оцінка потенційно небезпечних і шкідливих факторів, які виникають на робочих місцях під час використання технологічного обладнання в відділенні фінішних операцій ливарного цеху бронетанкового заводу, а також розробка заходів щодо їх усунення.

### 8.1 Загальна характеристика умов праці у відділенні фінішних операцій

Таблиця 8.1 – Параметри приміщення відділення фінішних операцій

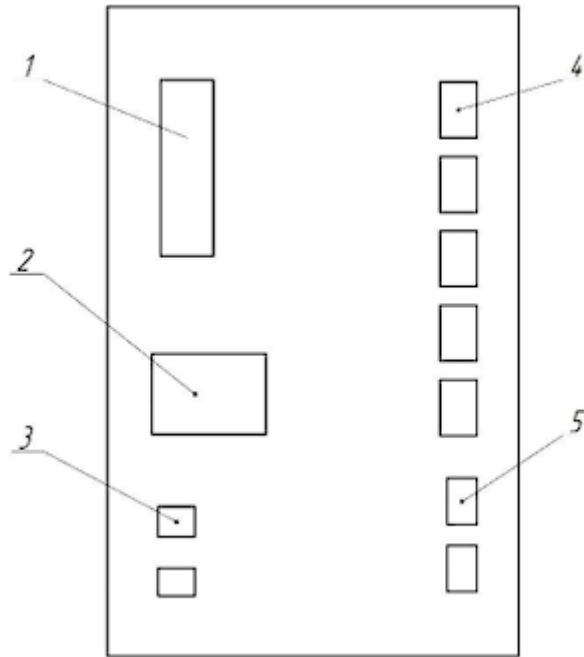
| №          | Найменування                   | Основні характеристики                                            | Кількість |
|------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| Приміщення |                                |                                                                   |           |
| 1          | Параметри приміщення           | 24000мм×72000мм мм; S=1728 м <sup>2</sup> ;                       | -         |
| 2          | К-ть працівників               | Працівники відділення фінішних операцій                           | 12        |
| 3          | Природне освітлення приміщення | Вікна металопластикові вікна з профілю Veko 777 3200мм×2000мм     | 11        |
| 4          | Штучне освітлення приміщення   | Світильник підвісний промисловий right hausen led 150w 6500K IP65 | 20        |

У відділенні фінішних операцій характеризуються такі умови праці: повітря стає запиленим, шум на високому рівні, а також присутні рухомі частини технологічного устаткування, транспортні механізми та джерела електричного струму.

Технологічне оснащення, що використовується в даному відділенні, представлено в табл. 8.2, а його планування показано на рис. 8.1 [7].

Таблиця 8.2 – Технологічне оснащення відділення

| № п.п | Найменування                                          | Розміри<br>Д/Ш/В | Основні<br>характеристики                                                    | Кількість | Позиція<br>на<br>рисунок |
|-------|-------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------|
| 1     | Барабан галт.<br>мод.4133                             | 5600/2200/2200   | Частота обертання<br>барабана,<br>27 об/хв, Встановлена<br>потужність 28 кВт | 1         | 1                        |
| 2     | Барабан дроб.<br>мод.42322М                           | 4500/3065/4800   | Швидкість<br>транспортера 4,8<br>м/хв.<br>Встановлена<br>потужність 65 кВт   | 1         | 2                        |
| 3     | Верстат для<br>відокремлення<br>ливникової<br>системи | 200/100/150      | Встановлена<br>потужність<br>2 кВт<br>Окружна швидкість<br>43 м/с            | 2         | 3                        |
| 4     | Верстат<br>стаціонарний                               | 600/300/350      | Окружна швидкість<br>50 м/с                                                  | 5         | 4                        |
| 5     | Конвеєр<br>підвісний<br>штовхаючий<br>тип ГН80        | 400/200/250      | Окружна швидкість<br>50 м/с                                                  | 2         | 5                        |



- 1 – барабан галтувальний.; 2 – барабан дробеметний;  
 3 – верстат для відокремлення ливникової системи;  
 4 – верстат стаціонарний; 5 – конвеєр підвісний штовхаючий.

Рисунок 8.1 – Планування відділення фінішних операцій

Параметри приміщення наведені в табл. 8.2.

Вимоги до об'єму та площі приміщення на одного працівника, а також місця розташування технологічного обладнання встановлені відповідно до нормативів, які можна знайти в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання [7].

| № | Параметри приміщення      | Реальне значення   | Нормативні значення |
|---|---------------------------|--------------------|---------------------|
| 1 | Площа на 1 працюючого     | 26,8м <sup>2</sup> | 4,5 м <sup>2</sup>  |
| 2 | Об'єм на 1 працюючого     | 51,2м <sup>3</sup> | 15 м <sup>3</sup>   |
| 3 | Мінімальна ширина проходу | 2,5 м              | 1,5 м               |

Таблиця 8.4 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при процесах [7].

| Види процесів                           | Шкідливі виробничі фактори |                                |                       |                             |                      |               |                          |     |            |                               | Небезпечні виробничі фактори |                                             |                                  |                                     |
|-----------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|---------------|--------------------------|-----|------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
|                                         | Шкідливі речовини          | Ультрафіолетове випромінювання | Видиме випромінювання | Інфрачервоне випромінювання | Електромагнітні поля | Магнітні поля | Іонізуючі випромінювання | Шум | Ультразвук | Статичне навантаження на руку | Електричний струм            | Іскри, бризки і викиди розплавленого металу | Механізми і вироби, що рухаються | Системи, які знаходяться під тиском |
| Процес очистки                          | -                          | -                              | -                     | -                           | -                    | -             | -                        | хх  | -          | х                             | хх                           | х                                           | х                                | -                                   |
| Процес зачищення                        | -                          | -                              | -                     | -                           | -                    | -             | -                        | хх  | -          | х                             | хх                           | х                                           | х                                | -                                   |
| Процес відокремлення ливникової системи | -                          | -                              | -                     | -                           | -                    | -             | -                        | хх  | -          | х                             | хх                           | -                                           | х                                | -                                   |

У розділі 8.2 проводиться оцінка основних небезпечних та шкідливих виробничих факторів на формувальній дільниці, а також розробляються заходи для поліпшення (нормалізації) умов праці.

### 8.3 Механізми і вироби що рухаються

Таблиця 8.5 – Основні небезпеки, які створюються в технологічному процесі

| № | Найменування обладнання        | Джерело небезпеки      | Причини небезпеки                      | Наслідки небезпеки       |
|---|--------------------------------|------------------------|----------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Барабан гальтувальний мод.4133 | Гальтувальна апаратура | Несправність гальтувального механізму. | Отримання фізичних травм |
| 2 | Барабан дробометний мод.42322М | Дробометна апаратура   | Несправність дробометного механізму.   | Отримання фізичних травм |

Згідно з висновками, викладеними в табл. 8.5, існує потенційна небезпека фізичних ушкоджень. Для зменшення ризику таких травм були розроблені заходи забезпечення охорони праці від рухомих механізмів і виробів, які можна знайти в табл. 8.6.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 78  |

Таблиця 8.6 – Заходи забезпечення охорони праці від механізмів і виробів, що рухаються

| № поз. | Група номенклатурних заходів з охорони праці | Вид заходу                                                 | Критерій вибору                                     |
|--------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1      | Технічні                                     | Встановлення місцевої вентиляції у вигляді витяжних зонтів | Уникнення прямого контакту з частинами що рухаються |
| 2      | Організаційні                                | Проведення інструктажів та перевірок                       | Доступність знань щодо безпеки експлуатації         |
| 3      | Експлуатаційні                               | Вчасна заміна кожних пошкоджених елементів                 | Забезпечення безпечної роботи з об'єктом            |

#### 8.4 Вібрація та шум

В табл. 8.7 наведені основні небезпеки, пов'язані з вібрацією та шумом, що виникають під час формувальних робіт в технологічному процесі.

Таблиця 8.7 – Основні небезпеки пов'язані з шумом

| № | Найменування обладнання     | Джерело небезпеки      | Причини небезпеки                   | Наслідки небезпеки          |
|---|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Барабан галт.<br>мод.4133   | Удар дробу об поверхню | Виникнення великого шуму при роботі | Глухота, погане самопочуття |
| 2 | Барабан дроб.<br>мод.42322М | Удар дробу об поверхню | Виникнення великого шуму при роботі | Глухота, погане самопочуття |

У табл. 8.8 приведені порівняння між проєктованими рівнями показників і їх нормативно допустимими значеннями. Нормативні значення були взяті зі відповідних державних санітарних норм, зокрема ДСН 3.3.6.039-

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 79  |

99 "Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації" і ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку".

Таблиця 8.8 – Реальні та нормативні фактори небезпеки які

| № | Фактор небезпеки          | Реальне значення | Нормативне значення |
|---|---------------------------|------------------|---------------------|
| 1 | Рівень загальної вібрації | 100...110 дБ     | <100 дБ             |
| 2 | Рівень шуму               | 90...95 дБА      | <80 дБА             |

Згідно з даними, представленими в табл. 8.8, існує потенційна небезпека негативного впливу вібрації і шуму на організм працюючого. Для зменшення ризику професійних захворювань були розроблені засоби та заходи захисту від шуму та вібрації, які можна знайти в табл. 8.9.

Таблиця 8.9 – Засоби та заходи захисту від шуму та вібрації створюються у технологічному процесі

| № | Група номенклатурних заходів з охорони праці | Вид заходу                                                                                                     | Критерій вибору                                       |
|---|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1 | Технічні                                     | - захисні перегородки,<br>-використання спеціального фундаменту,<br>- встановлення амортизаторів на обладнання | Уникнення розповсюдження шуму та вібрації відділенням |
| 2 | Режимні                                      | Перевірка несправностей тільки у відключеному стані                                                            | Уникнення контакту з елементами під напругою          |
| 3 | Експлуатаційні заходи                        | Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів                                                               | Забезпечення безпечної роботи з об'єктом              |
| 4 | Засоби індивідуального захисту               | Використання навушників ЗМ МТ17Н682                                                                            | Забезпечити захисту органів слуху                     |

## 8.5 Електронебезпека

Небезпека ураження електричним струмом збільшується, якщо не дотримуються правила експлуатації електрообладнання та строків його ремонту. Дія електричного струму може призвести до опіків та механічних ушкоджень організму людини. Ризик ураження виникає внаслідок короткого замикання, іскріння або ушкодження ізоляції. Основні небезпеки, пов'язані з дією електричного струму на організм людини, який використовується в технологічному процесі при формувальних роботах, внесені в табл. 8.10.

Таблиця 8.10 - Електричні джерела небезпеки

| № | Найменування                   | Джерело небезпеки | Причини небезпеки                                                                 | Наслідки небезпеки |
|---|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1 | Барабан галтувальний мод.4133  | Електродвигун     | Пошкодження ізоляції кабелю живлення, недотримання правил експлуатації обладнання | Ураження струмом   |
| 2 | Барабан дробеметний мод.42322М | Електродвигун     | Пошкодження ізоляції кабелю живлення                                              | Ураження струмом   |

У табл. 8.11 наведено порівняння між проєктованими рівнями показників та їх нормативно допустимими значеннями. Нормативні значення були взяті з НПАОП 40.1-1.21-98 [6] "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів".

Таблиця 8.11 - Реальні та нормативні фактори небезпеки ураження електричним струмом.

| № | Фактор небезпеки   | Реальне значення | Нормативні значення |
|---|--------------------|------------------|---------------------|
| 1 | Максимальний струм | >2 А             | 0,025 А             |
|   |                    | 380 В            | 42 В                |

Для зменшення ймовірності виникнення небезпечних ситуацій необхідно дотримуватись заходів безпеки, які перелічені в табл. 8.12.

Таблиця 8.12 – Засоби захисту від електротравм

| № | Група номенклатурних заходів з ОП | Вид заходу                                                                                | Критерій вибору                                                                |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Технічні                          | захисні заземлення електричного устаткування,<br><br>використання антистатичного покриття | уникнення пробую, витоківструму уникнення контакту з частинами що під напругою |
| 2 | Організаційні                     | інструктаж з правил електробезпеки;<br>забезпечення засобами індивідуального захисту      | Доступність знань щодо безпеки експлуатації                                    |
| 3 | Режимні                           | Перевірка несправностей тількиу відключеному стані                                        | Уникнення контакту з елементами під напругою                                   |
| 4 | Експлуатаційні                    | Своєчасна заміна будь-яких пошкоджених елементів                                          | Забезпечення безпечної роботи з об'єктом                                       |

## 8.6 Хімічні джерела небезпечних та шкідливих виробничих факторів (пил) на фінішних операціях

В табл. 8.13 перераховані основні небезпеки, пов'язані з впливом шкідливих речовин, що утворюються в технологічному процесі під час фінішних операцій.

Таблиця 8.13 – Хімічні джерела небезпек

| № | Найменування                         | Джерело небезпеки | Причини небезпеки                                 | Наслідки небезпеки                       |
|---|--------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1 | Гальтувальний та Дробометний барабан | Пилоутворення     | Утворення великої кількості пилу та його вдихання | Ризик виникнення Ряду хвороби та алергій |

У табл. 8.11 проведено порівняння між проєктованими рівнями показників та їх нормативно допустимими значеннями. Нормативні значення були взяті з N 741/35024 [8] (Гігієнічні регламенти хімічних речовин у повітрі робочої зони).

У табл. 8.14 перераховані засоби та заходи захисту, які рекомендуються для мінімізації ризику професійного захворювання.

**Таблиця 8.14 – Заходи забезпечення охорони праці в умовах  
конкретного технологічного процесу**

| №<br>П.П | Група номенклатурних заходів з<br>охорони праці | Вид заходу                                                                                                                | Критерій вибору                                                |
|----------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1        | Технічні заходи                                 | Встановлюють місцеву<br>вентиляцію у вигляді<br>витяжних зонтів                                                           | усунення утвореного<br>пилу під час тех.<br>процесу            |
| 2        | Організаційні заходи                            | інструктаж з правил безпеки;<br>забезпечення засобами<br>індивідуального захисту                                          | доступність знань<br>щодо безпеки<br>експлуатації              |
| 3        | Режимні                                         | недопущення появи сторонніх<br>осіб в приміщенні КТ                                                                       | захист від ураження<br>електричним струмом                     |
| 4        | Експлуатаційні                                  | своєчасне проведення<br>профілактичних оглядів,<br>випробувань, ремонтів<br>технологічного та<br>допоміжного устаткування | забезпечення<br>постійної роботи<br>допоміжних<br>устаткувань. |
| 5        | Засоби індивідуального захисту                  | забезпечення працівників<br>спецодягом та касками                                                                         | забезпечення<br>безпечної роботи з<br>обладнанням              |

## 8.6 Пожежна безпека

Приміщення, де розташована індукційна піч, належить до категорії Г з пожежної безпеки. Це означає, що воно відповідає певним вимогам і стандартам, визначеним в ДБН В.1.1-7:2016 [6] щодо пожежної безпеки.

Отже, відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 [6], приміщення з індукційною піччю повинно відповідати вимогам пожежної безпеки, щоб забезпечити безпечну експлуатацію і запобігти можливим пожежам або поширенню вогню.

|     |     |        |       |      |                        |     |
|-----|-----|--------|-------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |       |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |       |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Піппс | Лата |                        | 84  |

Для забезпечення своєчасної евакуації людей, активації стаціонарних пожежогасних систем, виклику пожежних служб та вжиття інших необхідних заходів, відділення має бути обладнане системою пожежної сигналізації.

Система пожежної сигналізації складається з компонентів, таких як пожежні сповіщувачі, лінії зв'язку, приймальний пристрій і автономне джерело електроживлення.

Для забезпечення безпеки в пожежному відділенні необхідно вжити заходів щодо ізоляції всіх ємностей з пальними та вибухонебезпечними речовинами та розташувати їх на безпечній відстані від потенційних джерел вогню. Також рекомендується розмістити спеціальний інвентар, такий як ящики, пожежні ломи, багри, сокири, азбестові полотна, поруч із можливими місцями виникнення пожежі.

У разі виникнення пожежі рекомендується мати вогнегасники ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 або ОП-1, ОП-2, ОП-5, ОП-10. Ці вогнегасники призначені для швидкого та ефективного загашення пожежі. Вони можуть бути використані для локалізації та придушення вогню до прибуття пожежної служби, забезпечуючи основні засоби безпеки для контролю та гасіння початкових пожеж.

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 85  |

План евакуації у разі виникнення пожежі зображений на рис. 8.2

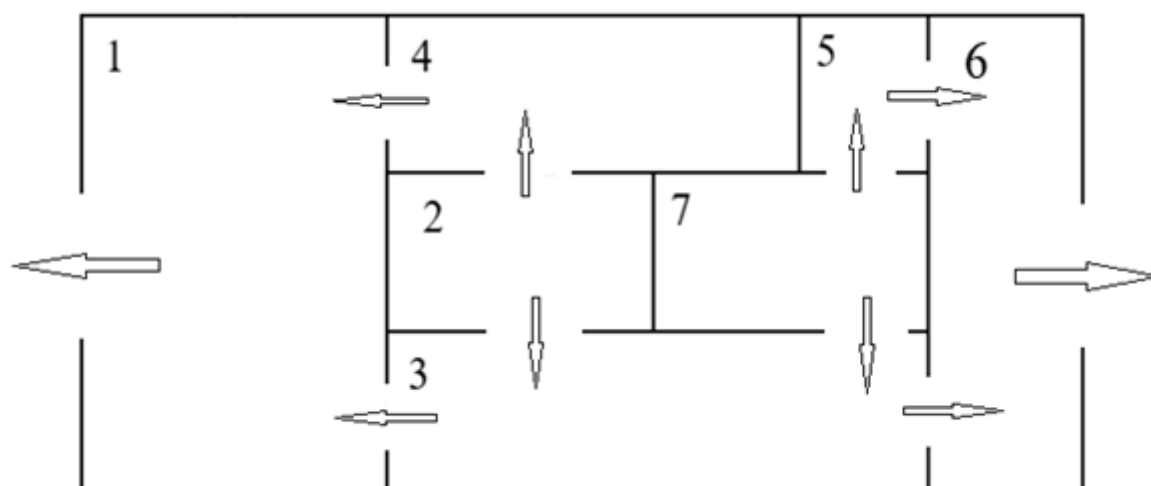


Рисунок 8.2 – План ливарного цеху зі схемою евакуації

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Підпис | Дата |                        | 86  |

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконаних пунктів проекту було проведено аналіз виробничої програми підприємства та розподілено номенклатуру продукції на два способи лиття: ПГФ і ЛВМ. Також були визначені оптимальні режими роботи цеху та розподілено фонди часу для працівників та устаткування. Було обрано дробометний барабан періодичної дії моделі 42322М як необхідне устаткування для відділення.

Виконано розрахунки, пов'язані з проектуванням відділення фінішних операцій, включаючи розрахунок енергетичних затрат. Технологічний процес виготовлення виливки "Бойок буфера" було розроблено, а також проведено розрахунки параметрів машини та надано опис роботи дробометного барабану відділення фінішних операцій.

Опис та розрахунок організаційної частини проекту включав визначення кількості працівників у відділенні та необхідного устаткування. Також був виконаний розрахунок економічних показників підприємства, включаючи витрати на утримання устаткування, оплату працівників та енергетичні витрати цеху

В рамках проекту були впроваджені норми щодо охорони праці та безпеки життєдіяльності працівників. Застосовані заходи спрямовані на зменшення впливу підприємства на екологію навколишнього середовища.

Отже, в результаті виконання цих пунктів проекту було проведено комплексні розрахунки, розроблено технологічні процеси та впроваджено заходи з покращення економічної ефективності, охорони праці та екології на підприємстві.

|     |     |        |        |      |                        |     |
|-----|-----|--------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |        |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |        |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № док. | Піппис | Лата |                        | 87  |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. І. Лях, В. Шкробак. Технологія лиття з витоплюваними моделями
2. Репях С.І. Технологічні основи лиття за витоплюваними моделями.- Дніпро, Ліра, 2006. - 1056 с.
3. Проектування ливарних цехів: підручн.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.1. – 588 с. – Бібліогр.: с. 582. – 100 пр.
4. Виробництво виливків із спеціальних сталей. – К.: Видавництво НТУУ «КПІ», 2005. – 712 с.
5. Матвеевко И.В., Тарский В.Л. Оборудование литейных цехов. Учебник для уч-ся средней, спец. учебных заведений, 2-е изд. перераб. и доп. -М.Машиностроение, 1985. - 400 с.
6. Розділ з охорони праці в дипломних роботах: Рекомендації до виконання [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальностей 132 «Матеріалознавство» та 136 «Металургія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.Г. Левченко, Г.В. Демчук. Електронні текстові дані (1 файл: 90,9 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 16 с
7. Охорона праці та цивільний захист / О.Г. Левченко, О.І. Полукаров, В.В. Зацарний та ін. // За ред. О.Г. Левченка. – К.: Основа, 2019. – 472 с.
8. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20#Text>

|     |     |          |        |      |                        |     |
|-----|-----|----------|--------|------|------------------------|-----|
|     |     |          |        |      | ФЛ91.9103.1110.0000 ПЗ | Апк |
|     |     |          |        |      |                        |     |
| Змн | Апк | № докум. | Підпис | Дата |                        | 88  |

Ім'я користувача:  
Ямшинський Михайло Михайлович

ID перевірки:  
1015670327

Дата перевірки:  
21.06.2023 20:49:39 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Library

Дата звіту:  
21.06.2023 20:59:50 EEST

ID користувача:  
76785

Назва документа: Заєць

Кількість сторінок: 95 Кількість слів: 14700 Кількість символів: 104431 Розмір файлу: 960.17 KB ID файлу: 1015315525

## 11.8% Схожість

Найбільша схожість: 3.09% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1011506915)

Пошук збігів з Інтернетом не проводився

11.8% Джерела з Бібліотеки

988

Сторінка 97

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

26