

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ПОЛОЖЕННЯ**

**до виконання магістрерської дисертації  
за спеціальністю 136-Металургія  
освітньо-професійна програма  
«Комп'ютеризовані процеси лиття»**

**2024**



Тимчасове положення до виконання магістерської дисертації за спеціальністю 136-Металургія. Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття». Уклад: Ямшинський М. М., Лук'яненко І. В., Лютий Р. В., Смірнова Я. О. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 20224. – 65 с.

## **ПОЛОЖЕННЯ**

**до виконання магістерської дисертації  
за спеціальністю 136-Металургія  
освітньо-професійна програма  
«Комп'ютеризовані процеси лиття»**

Укладачі: Ямшинський Михайло Михайлович, докт. техн. наук, проф.  
Лук'яненко Іван Віталійович, канд. техн. наук, доц.  
Лютий Ростислав Володимирович, докт. техн. наук, доц.  
Смірнова Яна Олександрівна, доктор філософії, асистент

Рекомендовано  
на засіданні кафедри  
ливарного виробництва  
№ 01 від 29.08.24 р.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ПЕРЕДМОВА .....   | 3  |
| 1 ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ .....  | 5  |
| 2 ЗМІСТ І ОБ'ЄМ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ.....                           | 5  |
| 2.1 Пояснювальна записка.....   | 5  |
| 2.2 Графічна частина атестаційної роботи .....                          | 6  |
| 3 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....                     | 7  |
| 4 ВИКОРИСТАННЯ ПЕОМ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ<br>АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ .....      | 7  |
| 5 КОНСУЛЬТАЦІЇ І ЗАХИСТ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....                        | 8  |
| 6 ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....   | 8  |
| 6.1 Виробнича програма .....  | 9  |
| 6.2 Аналіз виробничої програми .....                                    | 9  |
| 6.3 Характеристика виробництва і вибір технологій виготовлення виливків | 12 |
| 6.4 Тип і структура цеху .....  | 12 |
| 6.5 Режим роботи ливарного цеху і фонди часу .....                      | 12 |
| 6.6 Розрахування виробничих відділень цеху .....                        | 13 |
| 6.6.1 Плавильне відділення.....   | 14 |
| 6.6.2 Формувально-складально-заливально-вибивальне відділення. ....     | 18 |
| 6.6.3 Стрижневе відділення.....   | 24 |
| 6.6.4 Сумішоприготувальне відділення.....                               | 30 |
| 6.6.5 Відділення фінішних операцій. ....                                | 35 |
| 6.6.6. Допоміжні відділення, дільниці і служби цеху. ....               | 38 |
| 6.6.7 Склади.....   | 39 |
| 6.7 Внутрішньоцеховий транспорт.....                                    | 42 |
| 6.8 Енергетична частина .....   | 42 |
| 6.9 Будівельна частина .....  | 44 |
| 6.10 Охорона праці і навколишнього середовища. Протипожежна техніка.... | 45 |
| 6.11 Економічний розділ.....  | 45 |
| 6.12 Розроблення стартап-проекту .....                                  | 45 |
| 6.13 Перелік посилань.....  | 45 |
| 6.14 Додатки .....  | 45 |
| Перелік посилань .....  | 47 |
| Додаток А .....   | 48 |
| Додаток Б.....  | 51 |
| Додаток В.....  | 52 |
| Додаток Д.....  | 60 |

## ПЕРЕДМОВА

Магістерська дисертація – самостійна творча робота здобувачів, метою якої є придбання практичних навичок, застосування теоретичних знань для вирішення завдань розроблення технологічного проектування ливарних цехів і є завершальною в циклі підготовки магістрів металургії.

Під час виконання магістерської дисертації здобувачі мають опанувати наступні програмні результати:

ПР 1 Розробляти технологію виробництва на основі розуміння процесів, що відбуваються, з урахуванням особливостей виробництва та визначати оптимальний режим роботи обладнання з урахуванням наявних невизначеностей та ризиків.

ПР 3 Розробляти заходи з охорони праці та навколишнього середовища при проведенні досліджень та у виробничій діяльності.

ПР 7 Аналізувати енергетичну ефективність технологічних процесів та обладнання, відповідно до спеціалізації, та розробляти заходи з енергозбереження

ПР 8 Пропонувати нові технічні рішення з урахуванням цілей та ресурсних обмежень, економічних, екологічних, правових та безпекових аспектів, розробляти і застосовувати нові металургійні технології.

ПР 10 Застосовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач і проблем металургії.

ПР 12 Розраховувати витратні показники сировини, матеріалів та енергії, оцінювати вплив на продуктивність агрегату та на якість кінцевого продукту вихідних параметрів з урахуванням технологічних та інших невизначеностей.

ПР 17 Розуміння різних способів формоутворення та проектування оснащення для різних видів литва.

ПР 18 Вміння використовувати нормативні документів, згідно яких здійснюється розроблення та оформлення проектно-конструкторської документації і звітів з наукових досліджень

ПР 19 Розуміння властивостей новітніх конструкційних матеріалів та сучасних технологій виготовлення із них виробів

– **знати:**

1) основні положення організації проектних робіт, структуру, комп'ютерні та архітектурно-будівельні рішення сучасних ливарних цехів, економіку, охорону праці, екологію ливарного виробництва;

2) методи вибору оптимальних технологічних процесів і засобів механізації і автоматизації процесів виробництва виливків, розраховування потреби в основному, допоміжному та підйомно-транспортному устаткованні, матеріальних і енергетичних ресурсів;

3) методику організації вантажопотоків і розроблення планувальних рішень ливарних цехів;

4) вимоги нормативних документів щодо конструкторської та технологічної документації;

**– уміти:**

1) аналізувати виробничу програму ливарного цеху;

2) підготувати вихідні дані для проектування;

3) вибрати економічно обгрунтований метод та оптимальні технологічні процеси виготовлення виливків;

4) спроектувати основні та допоміжні відділення і складське господарство ливарного цеху;

5) розрахувати основні показники енергетичної, економічної і будівельної частин проекту;

**– набути навички:**

1) визначення оптимальної структури ливарного цеху;

2) розроблення компоновочних рішень з урахуванням будівельних норм на проектування;

3) виконання вимог охорони праці та екології;

4) роботи з довідковою літературою і нормативною документацією;

5) застосування ЕОМ для розраховувань відділень, діляниць і інших розділів проекту;

6) виконання робочих креслень плану та розрізів ливарного цеху.

## 1 ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ

Темою магістерської дисертації є проект нового або реконструкції діючого ливарного цеху з розробленням питань технології, механізації і автоматизації, організації і економіки виробництва. Тема може бути сформульована на підставі матеріалів практики або літературних джерел.

Завдання базується на виробничих програмах діючих сучасних чавуно-ливарних, сталеливарних цехів, а також цехів кольорового литва і спеціальних способів лиття (під тиском, у кокіль, за моделями, що витоплюються тощо), комбінованих цехів або відділень великих ливарних цехів.

Тема може бути комплексною, і в цьому випадку проект виконують колективно декілька студентів, при цьому кожний студент розробляє окремо одну із частин проекту, об'єднаних єдиною виробничою програмою підприємства. Комплексний проект виконують, коли загальний об'єм проектування перевищує плановий навчальний час, який виділяють на виконання проекту одним студентом, або розробляють оригінальні, що не мають аналогів, проекти.

Тема магістерської дисертації може бути запропонована здобувачем, якщо вона оригінальна і під час розроблення розкривається творча індивідуальність проектанта.

## 2 ЗМІСТ І ОБ'ЄМ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

Магістерська дисертація складається з пояснювальної записки і графічної документації

### 2.1 Пояснювальна записка

У розрахунково-пояснювальній записці необхідно стисло і чітко розкрити зміст проекту і обґрунтувати прийняті рішення. Записка, крім текстової частини і розрахунків, повинна містити відповідні ілюстрації, схеми і таблиці. Виконання проектної роботи слід здійснювати з використанням САПР.

Пояснювальна записка повинна мати таку структуру:

- титульний аркуш;
- завдання, оформлене на спеціальному бланку;
- зміст;
- завдання на проектування ливарного цеху (проектне завдання);
- вступ з коротким техніко-економічним обґрунтуванням проектного завдання;
- номенклатура виливків та виробнича програма литва;

- аналіз виробничої програми і підготовка вихідних даних для проектування;
- характеристика виробництва і вибір основних технологічних процесів виготовлення виливків;
- визначення типу і структури цеху;
- режим роботи і фонди часу роботи устаткування та робочих;
- розрахунки основних виробничих відділень і дільниць (виконують відповідно до прийнятої структури цеху);
- допоміжні відділення, дільниці та служби цеху;
- склади шихтових і формувальних матеріалів;
- внутрішньоцеховий транспорт;
- адміністративно-побутові приміщення;
- енергетична частина;
- будівельна частина;
- охорона праці та навколишнього середовища;
- протипожежна техніка;
- основні техніко-економічні показники цеху;
- висновки та рекомендації;
- перелік посилань;
- додатки.

Об'єм пояснювальної записки - до 80 сторінок тексту, надрукованого на одному боці стандартного аркуша паперу формату А4 (297x210 мм) з рамками і штампами. Оформлення пояснювальної записки (текст, рисунки, таблиці тощо) повинне відповідати вимогам ДСТУ 3008-2015

## **2.2 Графічна частина атестаційної роботи**

Графічну документацію виконують на 9 аркушах креслярського паперу формату А1 (840x594 мм за ГОСТ 2.301-68) олівцем або з використанням ПЕОМ. При виконанні плану великих цехів можна застосувати аркуші формату А0 (840x1188 мм).

План цеху виконують у масштабі 1:100, 1:200 або 1:400, а розрізи цеху – відповідно в масштабі 1:50, 1:100 або 1:200 з прив'язкою всього основного і допоміжного устаткування до осей колон. На креслиниках показують транспортні засоби, службові приміщення, основні елементи будівельних конструкцій тощо.

Устаткування зображають прийнятими в практиці проектування умовними позначками у відповідності з масштабом. Об'єм і зміст графічної частини проекту визначає керівник під час видавання завдання на проектування, а розміщення розрізів узгоджує із студентом у процесі проектування.



### **3 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Робота над магістерською дисертацією регламентує таку послідовність його виконання:

- вивчення літератури за темою проекту;
- аналіз і розраховування виробничої програми;
- знайомство з технологічними процесами і плануванням існуючих ливарних цехів, дільниць і відділень;
- з'ясування наявності типових проектів, ливарних цехів або їх відділень і дільниць, які відповідають завданню на проектування;
- вибір технологічного процесу виготовлення виливків;
- вибір режиму роботи цеху і визначення фондів часу роботи устаткування та робочих;
- розраховування виробничих відділень і технологічного устаткування;
- розраховування допоміжних відділень, дільниць і служб цеху;
- розраховування складських приміщень;
- вибір і розраховування внутрішньоцехового транспорту;
- розраховування енергетичної частини;
- розроблення компоновки відділень і вибір типу будівлі цеху;
- виконання графічної документації;
- складання і оформлення пояснювальної записки до проекту.

На виконання магістерської дисертації відводиться 360 годин навчального часу, включаючи консультації. Терміни виконання встановлюють у межах перших 8 тижнів навчального семестру. Для контролю виконання магістерської дисертації розробляють календарний графік на весь період проектування. Графік є складовою завдання на виконання роботи.

### **4 ВИКОРИСТАННЯ ПЕОМ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Виконання розрахунків на ПЕОМ – обов'язковий елемент магістерської дисертації. Використання ПЕОМ може здійснюватися як через загальносистемні засоби і САПР, так і шляхом використання оригінальних самостійно розроблених програм. У другому випадку можливий за узгодженням з керівником перегляд об'єму графічної частини у бік її зменшення. При цьому розроблення програмних засобів проектування зараховують як окрему частину магістерської дисертації. Технічне забезпечення надається студенту загальнофакультетською або кафедральною лабораторіями обчислювальної техніки.

## **5 КОНСУЛЬТАЦІЇ І ЗАХИСТ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Магістерську дисертацію здобувач виконує під керівництвом викладача або досвідчених спеціалістів підприємств. Керівник проводить консультації з окремих розділів у відведені за розкладом години і здійснює контроль виконання проєкту. Студент зобов'язаний систематично відвідувати консультації і пред'являти керівнику виконану роботу за час, що минув з попередньої консультації.

Атестація здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття», проводиться у формі захисту кваліфікаційної роботи. Атестація здійснюється відкрито і публічно.

Кваліфікаційна робота має бути перевірена на плагіат.

Після захисту кваліфікаційна робота розміщують у репозитарії закладу вищої освіти для вільного доступу.

## **6 ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

### **Завдання на проектування ливарного цеху**

У завданні на проектування ливарного цеху необхідно викласти вихідні дані та вимоги:

- номенклатуру виливків у вигляді таблиці (видає викладач);
- потужність цеху;
- вимоги щодо механізації і автоматизації технологічних процесів і операцій;
- місце розташування цеху, що проектується (місто, селище тощо);
- основні джерела забезпечення нормальної роботи цеху (металічні матеріали, вода, електроенергія, тепло і газ);
- способи очищення та скидання стічних вод;
- навести основні технологічні процеси, які використовуватимуть для виготовлення виливків: плавлення металу; виготовлення форм і стрижнів; приготування формувальних і стрижневих сумішей; фінішні операції, що забезпечать надання виливкам якісного вигляду тощо;
- указати кількість жителів міста (селища), де будуть будувати ливарний цех з оцінкою забезпечення підприємства робочою силою;
- указати автотранспортні та залізничні сполучення підприємства з поставальниками вихідних матеріалів та замовниками продукції.

### **Вступ**

У вступі обґрунтовують доцільність розроблення проєкту на основі літературних даних з урахуванням розвитку даної галузі промисловості.

Необхідно сформулювати основні положення техніко-економічного обґрунтування з прив'язкою до умов певного регіону або підприємства за місцем проходження студентом виробничої практики.

## 6.1 Виробнича програма

Виробнича програма є основою для розроблення технологічної частини проекту ливарного цеху, її вказують в завданні. Для ливарних цехів масового і великосерійного виробництва, особливістю яких є обмежена номенклатура і велика серійність виливків, виробничу програму задають за формою 01, наведеною в табл.6.1, а номенклатуру виливків – у вигляді табл.6.2.

## 6.2 Аналіз виробничої програми

Залежно від характеру виробництва розроблення проекту ливарного цеху виконують за точною, приведеною або умовною програмою.

Розраховування за точною (подетальною, розгорненою) програмою проводять для ливарних цехів масового і великосерійного виробництв з номенклатурою виливків не більше 200 найменувань і серійністю не менше 1000 шт. за рік за наявністю повного комплексу креслеників і технологічної документації на виливки. Точну програму виробництва виливків складають за формою 02, наведеною в табл.6.3.

*Форма 01*

Таблиця 6.1 – Програма цехів масового та великосерійного виробництва

| Індекс позиції | Вироби | Річний випуск виробів (комплектів), шт. | Маса комплекту виливків на один виріб, кг | % запасних частин (за масою) | Річний випуск виливків, т |                    |        |
|----------------|--------|---|---|------------------------------|---------------------------|--------------------|--------|
|                |        |   |   |                              | на основну програму       | на запасні частини | всього |
| 1              | 2      | 3                                       | 4   | 5                            | 6                         | 7                  | 8      |
|                |        |   |   |                              |                           |                    |        |

Розраховування за приведеною програмою виконують за умови великої номенклатури виливків (більше 200 найменувань), використовуючи типові виливки-представники або дані тільки частини номенклатури виробів.

Виливки-представники вибирають з кожної масової групи литва так, щоб

їх загальна кількість в даній масовій групі становила 25...50% за умови наявності повного комплексу на них креслеників і технологічної документації. Приведену програму оформляють у вигляді табл.6.4.

Таблиця 6.2 – Номенклатура виливків ливарного цеху

| Індекс позиції | Код деталі | Найменування деталі | Матеріал виливка | Маса виливка, кг | Кількість деталей на один виріб, шт | Габаритні розміри виливка, мм |        |        | Режим термічного оброблення |
|----------------|------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------|--------|-----------------------------|
|                |            |                     |                  |                  |                                     | довжина                       | ширина | висота |                             |
| 1              | 2          | 3                   | 4                | 5                | 6                                   | 7                             | 8      | 9      | 10                          |

Форма 02

Таблиця 6.3 – Точна (подетальна) виробнича програма ливарного цеху

| Індекс позиції | Код деталі | Найменування деталі | Матеріал і марка | Маса, кг       |         | Кількість на виріб |    | Річна програма випуску виливків |    |                    |     |        |     |    |
|----------------|------------|---------------------|------------------|----------------|---------|--------------------|----|---------------------------------|----|--------------------|-----|--------|-----|----|
|                |            |                     |                  | готової деталі | виливка | шт.                | кг | на основні виробі               |    | на запасні частини |     | всього |     |    |
|                |            |                     |                  |                |         |                    |    | шт.                             | т  | %                  | шт. | т      | шт. | т  |
| 1              | 2          | 3                   | 4                | 5              | 6       | 7                  | 8  | 9                               | 10 | 11                 | 12  | 13     | 14  | 15 |

Примітка:

Форму 02 заповнюють за марками сплавів і масовими групами.

Номенклатура цехів, які проектують на основі приведеної програми, складає біля 500 найменувань при серійності не менше 200 шт. виливків одного найменування за рік.

Розроблення проекту за умовною програмою виконують для цехів дрібносерійного і одиничного виробництва, які мають номенклатуру виливків не

менше 500 найменувань при серійності дрібних виливків не більше 200 і великих не більше 20 шт. кожного найменування за рік. Дані для розраховування в цьому випадку підбирають за аналогічними виробами, які виготовляють на діючих підприємствах, а виробничу програму представляють масовими групами, видами і марками сплавів (форма 04, табл.6.5).

Таблиця 6.4 – Розрахункова відомість приведеної програми виробництва виливків

| Індекс позиції | Код деталі | Найменування деталі | Марка сплаву | Маса виливка, кг | Річний випуск |      | Виливки - представники | Коефіцієнт перевалки | Приведений випуск |      | Розподіл виливків за масовими групами, кг |      |                        |      |                         |      |                          |      |                           |      |
|----------------|------------|---------------------|--------------|------------------|---------------|------|------------------------|----------------------|-------------------|------|---|------|------------------------|------|-------------------------|------|--------------------------|------|---------------------------|------|
|                |            |                     |              |                  | шт.           | тонн |                        |                      | шт.               | тонн | група 1<br>до 30                          |      | група 2<br>30...<br>50 |      | група 3<br>50...<br>100 |      | група 4<br>100...<br>500 |      | Група 5<br>500...<br>2000 |      |
|                |            |                     |              |                  |               |      |                        |                      |                   |      | шт.                                       | тонн | шт.                    | тонн | шт.                     | тонн | шт.                      | тонн | шт.                       | тонн |
| 1              | 2          | 3                   | 4            | 5                | 6             | 7    | 8                      | 9                    | 10                | 11   | 12  | 13   | 14                     | 15   | 16                      | 17   | 18                       | 19   | 20                        | 21   |

Форма 04

Таблиця 6.5 – Характеристика виливків за масою

| Інд. позиції | Група виливків за масою, кг | Кількість на річну програму |   |   |              |   |   |       |   |   |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|---|---|--------------|---|---|-------|---|---|
|              |                             | всього по цеху              |   |   | у тому числі |   |   |       |   |   |
|              |                             | шт.                         | т | % | .....        |   |   | ..... |   |   |
|              |                             |                             |   |   | шт.          | т | % | шт.   | т | % |
| 1            | до 5                        |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 2            | понад 5 до 20               |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 3            | понад 20 до 50              |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 4            | понад 50 до 100             |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 5            | понад 100 до 200            |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 6            | понад 200 до 500            |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 7            | понад 500 до 1000           |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 8            | понад 1000 до 3000          |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 9            | понад 3000 до 5000          |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 10           | понад 5000 до 10000         |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 11           | понад 10000 до 50000        |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |
| 12           | > 50000                     |                             |   |   |              |   |   |       |   |   |

### **6.3 Характеристика виробництва і вибір технологій виготовлення виливків**

Спосіб виробництва виливків вибирають і обґрунтовують, виходячи із аналізу програми згідно розподілу виливків за групами складності і масою із використанням новітніх досягнень в області технологій, механізації і автоматизації ливарного виробництва.

Під час вибирання технологічного процесу передбачають спеціалізацію виробництва через створення окремих потоків для виготовлення технологічно однорідних груп виливків за масою, габаритами, складністю і марками металу. Оптимальні методи виготовлення виливків і ливарні технології необхідно вибрати на підставі оцінки економічної ефективності різних варіантів апробованих та нових технологічних рішень.

### **6.4 Тип і структура цеху**

На підставі аналізу виробничої програми і прийнятого технологічного процесу виготовлення виливків визначають тип цеху за існуючою класифікацією, його структуру і розробляють ескізний проект загальної компоновки відділень цеху, який проектують, відповідно до рекомендованих типових варіантів (додаток А).

### **6.5 Режим роботи ливарного цеху і фонди часу**

На підставі аналізу виробничої програми і характеру виробництва встановлюють режими роботи цеху, відділень, окремих видів устаткування і робітників. При цьому потрібно пам'ятати, що можливі випадки, коли в одному ливарному цеху відділення або дільниці працюють за різними режимами .

Для цехів великосерійного і масового виробництв притаманним є паралельний двозмінний режим роботи; для плавильних відділень, оснащених великими печами, дільниць, де не допускаються перериви в технологічному процесі, а також в окремих випадках для унікального устаткування – тризмінний режим роботи.

Для формувальньо-складально-заливально-вибивальних відділень великих виливків, які заливають на плацу і які мають тривалий цикл охолодження, можливий комбінований режим роботи: формування з локалізованою вибивальною дільницею здійснюють за паралельним двозмінним режимом в окремому прогоні, а складання і заливання форм – за ступінчастим режимом почергово в двох суміжних прогонах.

У всіх випадках при розраховуванні фондів часу виходять з положення, що тривалість робочого тижня становить 40 годин. Згідно з прийнятими режимами складають зведену таблицю річних фондів часу для кожного відділення, дільниці і виду устаткування за формою 05 (табл.6.6).

Форма 05

Таблиця 6.6 – Режим роботи ливарного цеху та фонди часу

| Інд. поз. | Найменування відділень, дільниць; тип устаткування | Кількість робочих змін за добу | Дійсний річний фонд часу, год. |          |
|-----------|--|--------------------------------|--------------------------------|----------|
|           |  |                                | устаткування                   | робочого |
| 1         | 2  | 3                              | 4                              | 5        |

### 6.6 Розраховування виробничих відділень цеху

Розраховування виробничих відділень ливарного цеху має такі складові:

- визначення вихідних даних;
- вибір технологічного процесу;
- вибір типу технологічного устаткування, яке забезпечить виконання вибраного технологічного процесу;
- розраховування кількості технологічного устаткування;
- визначення типу і кількості допоміжного устаткування, оснастки і транспортних засобів;
- виконання компоновки (технологічного планування) відділення;
- визначення площі відділення.

Вихідними даними для розраховування є: виробнича програма, тип технологічного процесу, прийнятий режим роботи цеху, результати раніше виконаних розрахунків і нормативні дані.

Необхідно пам'ятати, що зміна номенклатури виливків цеху змінює витрати рідкого металу, формувальних і стрижневих сумішей, тому середньогодинні дані не можна використовувати для розраховування кількості устаткування. Ці дані потрібно збільшувати на коефіцієнт нерівномірності,  $K_H$ , виробництва і витрачання. Для устаткування формувальних відділень  $K_H = 1$ , для інших відділень: при великосерійному або масовому виробництві  $K_H = 1,1 \dots 1,2$ ; для умов дрібносерійного і серійного виробництва  $K_H = 1,2 \dots 1,3$ ; для одиничного і дрібносерійного виробництва  $K_H = 1,2 \dots 1,4$ . Коефіцієнт  $K_H$  не враховують під час визначення річних витрат матеріалів.

Тип технологічного устаткування вибирають, виходячи з особливостей

прийнятого технологічного процесу і умов забезпечення високої якості продукції. **При інших рівних умовах перевагу потрібно віддавати устаткованню, яке забезпечує найбільш високий рівень автоматизації виконання технологічного процесу і такому, яке має найбільший коефіцієнт завантаження.** Потрібно також прагнути, за можливістю, застосовувати однотипне устаткування, оскільки це значно полегшує його експлуатацію і знижує об'єм витрат на ремонтні роботи.

Методики розраховування устаткування і послідовність оформлення результатів викладені в подальшому матеріалі.

Допоміжне устаткування і необхідна кількість оснастки повинні забезпечити безперебійну роботу основного технологічного устаткування, а транспортні засоби – об'єднати технологічне устаткування у потокові лінії та забезпечити безперебійну передачу матеріалів і виробів між основними відділеннями і допоміжними дільницями.

Компоновочне планування відділень потрібно виконувати відповідно до прийнятої схеми вантажопотоків з урахуванням норм на проходи і проїзди, вимог з охорони праці (виділення в окремі приміщення, влаштування місцевої вентиляції, розташування відносно зовнішніх стін тощо) і будівельних норм.

Вивчивши типові, існуючі і перспективні варіанти планувань ливарних цехів і розташування прицевих або базисних складів, необхідно вибрати оптимальне планування і описати схему основних вантажопотоків цеху – формувальних і шихтових матеріалів, рідкого металу, готової продукції тощо.

Вантажопотоки вибирають такими, щоб вони проходили найкоротшими трасами, уникаючи надмірної їх кількості і взаємних перетинів. Перетини транспортних систем здійснюють розташуванням їх на різних горизонтах. При цьому необхідно дотримуватись норм цехових проїздів і проходів.

Площу відділень визначають за сіткою колон, які обмежують зовнішню конфігурацію простору, який займає відділення.

**6.6.1 Плавильне відділення.** Вихідними даними для розраховування плавильних відділень є кількість рідкого металу кожної марки ливарних сплавів, яка необхідна для забезпечення річної виробничої програми.

Послідовність розраховування плавильного відділення така:

- вибір технологічного процесу виплавлення сплаву;
- вибір типу плавильного агрегату;
- складання балансу металу за марками, які виплавлятимуть;
- визначення кількості плавильних агрегатів;
- складання відомості витрат шихтових матеріалів;
- розраховування парку ковшів і ковшової дільниці;
- розроблення планування відділення.

Тип плавильного агрегату вибирають залежно від сплаву, технічних вимог



до виливків, об'єму виробництва, групи виливків за масою, режиму роботи плавильного відділення тощо.

Основними плавильними агрегатами для виплавлення чавунів є:

- СЧ – вагранка, індукційна піч промислової частоти (ІЧТ);
- КЧ – вагранка, вагранка + індукційна піч промислової частоти (ІЧТ);
- ВЧ – індукційна піч промислової частоти (ІЧТ) або дугова (ДСП).

У великих чавуноливарних цехах застосовують електродугові печі (ДСП) + індукційні міксери (ІЧТМ) для перегрівання, витримування чавуну і усереднення його хімічного складу.

Для виплавлення сталі в сучасних ливарних цехах використовують, переважно, електropечі:

- дугові (ДСП) з основною і кислотою футеровками;
- індукційні (ІСТ) – для виплавлення порівняно невеликих кількостей сталі.

У сучасних цехах кольорового литва для плавлення сплавів на алюмінієвій, магнієвій, цинковій і мідній основах перевагу віддає електричним плавильним печам, особливо індукційним тигельним і каналним печам промислової частоти. Для виплавлення алюмінієвих і цинкових сплавів використовують також печі опору типу САТ, САК і САН.

Баланс металу складають за формою 1 (табл.6.7)

Кожну групу литва (за масою) потрібно розподілити за окремими класами шихт залежно від вимог до фізико-механічних властивостей виливків. Ці дані заносять в графи 2, 4 і 6 табл.6.7. Вони є також підставою для вибору способу плавлення і типу плавильного агрегату (графи 14, 15, табл.6.7).

*Форма 1*

Таблиця 6.7 – Баланс металу

| Індекс позиції | Груповий потік або дільниця | Придатне литво |       | Ливники, зливи, брак |       | Рідкий метал |       | Угар та безповоротні втрати |       | Металозавалка |       | Клас шихти | Спосіб плавлення | Тип плавильного агрегату |
|----------------|-----------------------------|----------------|-------|----------------------|-------|--------------|-------|-----------------------------|-------|---------------|-------|------------|------------------|--------------------------|
|                |                             | %              | т/рік | %                    | т/рік | %            | т/рік | %                           | т/рік | %             | т/рік |            |                  |                          |
| 1              | 2                           | 3              | 4     | 5                    | 6     | 7            | 8     | 9                           | 10    | 11            | 12    | 13         | 14               | 15                       |
|                |                             |                |       |                      |       |              |       |                             |       |               |       |            |                  |                          |

Характер виробництва виливків і вибраний спосіб плавлення дозволяють визначити відсоток і масу ливників, браку, угару, безповоротних втрат, а отже, і загальну масу рідкого сплаву і металозавалки (графи 5...12, табл.6.7).

Кількість печей, необхідних для виконання річної програми, визначають за формулою:

$$n = \frac{V_p \cdot K_H}{\Phi_d \cdot q}, \quad (6.1)$$

де  $V_p$  – річна потреба в рідкому металі по цеху, дільниці або груповому потоку, т;

$K_H$  – коефіцієнт нерівномірності виплавлення і витрачання рідкого металу;

$\Phi_d$  – дійсний річний фонд часу роботи плавильного агрегату, год;

$q$  – продуктивність плавильного агрегату, т/год.

Результати розраховувань оформляють залежно від типу плавильного агрегату за формами 2 або 3 (табл.6.8; 6.9). Розрахунок кількості індукційних печей має передувати вибір місткості тигля, яку приймають рівною 2,5 годинної потреби в рідкому металі та не нижчою металомісткості найкрупнішої форми даного потоку або дільниці.

*Форма 2*

Таблиця 6.8 – Розрахунок вагранок

| Дільниці та поточні лінії цеху | Марка металу | Металева завалка, т/год. | Прийняті вагранки      |                        |
|--------------------------------|--------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
|                                |              |                          | продуктивність, т/год. | кількість пар вагранок |
| 1                              | 2            | 3                        | 4                      | 5                      |
|                                |              |                          |                        |                        |

*Форма 3*

Таблиця 6.9 – Розрахунок електропечей

| Дільниці, поточні лінії цеху | Марка сплаву | Потрібна кількість рідкого металу, т | Тип печі | Місткість електропечі, т | Тривалість циклу плавки, год. | Середньогодинна продуктивність, т/год. | Кількість електропечей |          | Коефіцієнт завантаження, $K_3$ |
|------------------------------|--------------|--------------------------------------|----------|--------------------------|-------------------------------|--|------------------------|----------|--------------------------------|
|                              |              |                                      |          |                          |                               |  | за розрахунком         | прийнята |                                |
| 1                            | 2            | 3                                    | 4        | 5                        | 6                             | 7                                      | 8                      | 9        | 10                             |
|                              |              |                                      |          |                          |                               |  |                        |          |                                |

Примітка: Середньогодинну продуктивність визначають діленням кількості рідкого металу на річний фонд часу роботи плавильного агрегату.

Для складання відомості витрат шихтових матеріалів (табл.6.10) виконують розрахування шихти для кожної марки сплаву, який виплавляють, з обґрунтуванням прийнятих сортів і марок металів і феросплавів та повним використанням звороту власного виробництва. Допускається замість розрахування шихти прийняти її склад за нормативними даними (типові склади), які є у довідниках [2].

Таблиця 6.10 – Відомість витрат шихтових матеріалів

| Індекс по-<br>зиції | Найменування<br>матеріалів<br>шихти | Марки сплавів |   |         |   |         |   |         |    | Всього |    |
|---------------------|-------------------------------------|---------------|---|---------|---|---------|---|---------|----|--------|----|
|                     |                                     | сплав 1       |   | сплав 2 |   | сплав 3 |   | сплав 4 |    |        |    |
|                     |                                     | %             | т | %       | т | %       | т | %       | т  | %      | т  |
| 1                   | 2                                   | 3             | 4 | 5       | 6 | 7       | 8 | 9       | 10 | 11     | 12 |

Необхідно також вибрати вогнетриви, які застосовують для футерування печей і ковшів, розрахувати ковшове господарство (тип, місткість і кількість розливальних і заливальних ковшів), кількість стендів для ремонту, сушіння і підігрівання ковшів, а також іншого устаткування, що розташовують на дільниці підготовки ковшів.

Місткість ковшів для заливання форм на конвейєрі приймають за табл.6.11.

В умовах конвейєрного виробництва кількість форм, що заливають з одного ковша, можна визначити за формулою:

$$n = \frac{k \cdot L \cdot V_k}{a}, \quad (6.2)$$

де  $k$  – кількість форм на візку конвейєра, шт;

$L$  – цикл обертання ковша, хв.;

$V_k$  – швидкість конвейєра, м/хв (0,6...10 м/хв);

$a$  – крок візка конвейєра, м.

Таблиця 6.11 – Місткість ковшів залежно від металомісткості ливарних форм

| Інд. поз. | Середня маса металу в одній формі, кг | Середня кількість форм, що заливають одним ковшом, шт | Місткість ковша, кг |
|-----------|---------------------------------------|---|---------------------|
| 1         | 9                                     | 18...20   | 150...200           |
| 2         | 14                                    | 14...18   | 200...250           |
| 3         | 25                                    | 8...10  | 200...250           |
| 4         | 100                                   | 5...6   | 500...600           |

У сталеливарних цехах місткість ковшів визначають через місткість плавильної печі з урахуванням кількості шлаку, який випускають разом з металом. Кількість ковшів визначають з урахуванням їх циклу обертання, який може бути прийнятий за даними табл.6.12.

Таблиця 6.12 – Цикл обертання ковшів

| Інд.поз. | Тип ковша           | Місткість ковша, кг | Цикл обертання, хв. |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1        | Ручний              | до 70               | 4...5               |
| 2        | Крановий чайниковий | 70...120            | 5...6               |
| 3        |                     | 150...250           | 10                  |
| 4        |                     | 500...1000          | 15                  |
| 5        | Крановий стопорний  | 1000...5000         | 20                  |
| 6        |                     | 1000                | 180                 |
| 7        |                     | 2000...3000         | 240                 |
| 8        |                     | 5000...7000         | 300                 |
| 9        |                     | 8000...12000        | 300                 |
| 10       |                     | 15000...20000       | 360                 |

Для виконання планування відділення ширина і висота прогонів будівлі вибирається за будівельними нормами залежно від типу і продуктивності плавильного агрегату [3, 8]. Плавальні агрегати розміщують у загальному прогоні, переважно, в один ряд. За необхідністю перед ними з боку формувально-складально-вибивального відділення розташовують міксери. Компонівка плавильних печей і міксерів повинна забезпечити мінімальну довжину шляху транспортування рідкого металу до заливальних дільниць.

На площі плавильного відділення розміщують ковшову дільницю, стенди для підігрівання ковшів, стенди для набирання склепін дугових електропечей, печі для підігрівання шихти і інше допоміжне устаткування. Уздовж фронту плавильних печей або міксерів передбачають проїзд для наземного транспорту. При вибиранні вантажопотоків потрібно також визначити способи і шляхи видалення відходів плавильного відділення: сплесків, шлаку, вибитої футеровки печей і ковшів тощо.

### **6.6.2 Формувально-складально-заливально-вибивальне відділення.**

Підготовка даних для проектування цього відділення полягає в розподіленні всієї номенклатури виливків на групи за масою та її складністю. Для кожної групи виливків вибирають єдиний технологічний процес виготовлення форм і організують технологічні потоки.

Раціональний метод виготовлення форм вибирають на підставі аналізу кожної масової групи виливків з урахуванням їх складності, класу точності, серій-

ності і типу виробництва. Метод формоутворення призначають виходячи із вимог забезпечення заданої точності і найменшої собівартості виливків, максимального рівня механізації та автоматизації всього циклу: формування-складання-залиття-охолодження-вибивання.

Найбільш економічним є метод лиття в сирі разові об'ємні піщані форми, оскільки цим методом виготовляють виливки простої і середньої складності із чавуну масою до 1000 і сталі – до 500 кг. Метод є основним у масовому і великосерійному виробництві. Для виготовлення виливків масою понад 500 кг застосовують форми, які підсушують, а для великого і важкого литва – сухі піщано-глинясті форми. У дрібносерійному і одиничному виробництвах середнього, великого і важкого литва підвищити точність виливків дає можливість застосування самотвердних сумішей (ПСС, РСС тощо) з формуванням за постійними моделями і такими, що газифікуються, а для дрібного і середнього литва-вакуумно-плівкове формування. Основним методом виготовлення виливків із алюмінієвих і цинкових сплавів у серійному і великосерійному виробництвах є лиття в кокіль і під тиском.

Для виготовлення особливо точного і складного литва із дорогих сплавів і таких, що важко оброблюються, застосовують лиття за моделями, які витоплюються, лиття в керамічні і оболонкові форми; для виливків типу тіл обертання – відцентрове лиття.

Кількість формувального устаткування визначають за кількістю форм, яка має бути виготовлена протягом року для виконання проектної програми випуску виливків. Розрахунок кількості формувальних ліній або машин виконують через заповнення форми 4 (табл.6.13).

Для врахування браку форм і виливків рекомендують додавати 4...6% річної кількості форм.

*Форма 4*

Таблиця 6.13 – Визначення річної кількості форм

| Код деталі | Деталь | Марка сплаву | Кількість виливків за рік, шт | Маса виливків, кг |                   | Внутрішні розміри опок (LxВxН), мм | Кількість виливків у формі, шт | Маса виливків у формі, шт | Кількість форм за рік, шт | Об'єм форм, м <sup>3</sup> |                   |
|------------|--------|--------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------|
|            |        |              |                               | одного            | на річну програму |                                    |                                |                           |                           | однієї                     | на річну програму |
| 1          | 2      | 3            | 4                             | 5                 | 6                 | 7                                  | 8                              | 9                         | 10                        | 11                         | 12                |

Результати розрахунків кількості ливарних форм на річну програму виливків заносять у форму 5 (табл.6.14).

Таблиця 6.14 – Зведена відомість кількості форм

| Потокова лінія або дільниця | Група виливків за масою, кг | Внутрішній розмір опок (LxВxH), мм | Річний випуск |           | Середньогодинна кількість форм, шт. |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---------------|-----------|-------------------------------------|
|                             |                             |                                    | виливків, т   | форм, шт. |                                     |
| 1                           | 2                           | 3                                  | 4             | 5         | 6                                   |

Примітка: Середньогодинну кількість форм визначають діленням річної кількості форм на річний фонд часу роботи потокової лінії.

З метою забезпечення високого рівня автоматизації при виборі типу формувального устаткування доцільно насамперед проаналізувати можливість використання АФЛ. Основним критерієм при цьому служить коефіцієнт завантаження лінії, який рекомендують забезпечувати 0,75...0,85. При більш низькому завантаженні лінії можливий перегляд розподілу виливків на технологічні групи, наприклад, об'єднання суміжних масових груп в одну, що дасть можливість у ряді випадків підвищити коефіцієнт завантаження, тобто раціонально використати АФЛ. Якщо дана виробнича програма не дозволяє ефективно використати АФЛ, то переходять на більш низький рівень автоматизації – організують потокові конвеєрні лінії, укомплектовані формувальними автоматами, потім - на комплексно-механізовані лінії тощо.

Необхідну кількість автоматичних ліній, автоматів або формувальних машин розраховують за формою 6, яка наведена в табл.6.15.

Технічні характеристики формувального устаткування наведені в [6] і в каталогах перспективного випуску ливарного устаткування (вони є на кафедрі і в бібліотеці).

Кількість автоматичних формувальних ліній визначають за формулою:

$$N = \frac{V_p}{k_6 \cdot \Phi_d \cdot q}, \quad (6.3)$$

де  $V_p$  – річна кількість форм на потоковій лінії, шт.;

$q$  – циклова (тактова) продуктивність лінії, форм/год;

$k_6$  – коефіцієнт браку форм і виливків ( $k_6 = 0,94...0,96$ ).

Кількість формувальних аватоматів при поточковому виробництві розраховують за цією же формулою.

Таблиця 6.15 – Кількість формувальних автоматів, машин

| 1                           | 2                                   | 3                                    | 4                                  | 5   | 6  | Кількість формувальних ліній або автоматів |          | 9                              |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|--|--|----------|--------------------------------|
|                             |                                     |                                      |                                    |   |  | 7  | 8        |                                |
| Потокова лінія або дільниця | Найменування виливків у групі литва | Внутрішній розмір опок, (LxВxН), мм. | Середньогодинна кількість форм, шт | Модель або тип формувальних ліній, автоматів, машин | Продуктивність формувальних ліній або автоматів, форм/год. | розрахована                                | прийнята | Коефіцієнт завантаження, $k_3$ |

При виготовленні форм на однотипних формувальних машинах їх потрібну кількість розраховують за формулою:

$$P = \frac{n}{(\Phi_d - t) \cdot q}, \quad (6.4)$$

де  $n$  – річна кількість півформ даної групи за масою з урахуванням браку форм і виливків, шт;

$t$  – час необхідний для зміни модельних плит і налагодження машини, год.;

$q$  – продуктивність машини, півформ/год.

Втрати часу на зміну плит та налагодження машини розраховують за формулою:

$$t = m \cdot p \cdot v, \quad (6.5)$$

де  $m$  – кількість найменувань виливків, для яких виготовляють півформи на машинах, шт;

$p$  – кількість партій виливків протягом року кожного найменування;

$v$  – час на кожну зміну плити, год. ( $v = 0,06 \dots 0,10$  год. при використанні опок  $500 \times 400$  мм;  $0,41 \dots 0,50$  год. – при використанні опок з розмірами понад  $1200 \times 1000$  мм).

Для конвейерного способу виробництва виливків потрібно розрахувати швидкість руху, довжину і інші параметри конвейєра.

Загальну довжину конвейєра розраховують за формулою:

$$L_k = L_\phi + L_3 + L_{ox} + L_B, \quad (6.6)$$

де  $L_\phi$ ,  $L_3$ ,  $L_{ox}$ ,  $L_B$  – довжина дільниць формування і складання, заливання, охолодження і вибивання форм відповідно, м.

Довжину формувальної дільниці розраховують за формулою:

$$L_{\Phi} = M l_B + L_{\text{ПС}}, \quad (6.7)$$

де  $M$  – кількість машин або пар машин, розташованих уздовж конвейера, шт;

$l_B$  – відстань між осями машин з урахуванням проходів для їх обслуговування, м;

$L_{\text{ПС}}$  – довжина дільниці для просталення стрижнів у форму, м.

$$L_{\text{ПС}} = V_K \cdot t_{\text{ВС}}, \quad (6.8)$$

де  $V_K$  – швидкість руху конвейера, м/хв;

$t_{\text{ВС}}$  – час проставлення стрижнів у найскладнішу форму, хв.

Швидкість руху конвейера визначають за формулою:

$$V_K = \frac{Q_{\Phi} \cdot a}{60 \cdot Z \cdot n}, \quad (6.9)$$

де  $Q_{\Phi}$  – годинна кількість форм, що поступають з формувальних машин, шт;

$a$  – крок платформ конвейера, м;

$Z$  – кількість форм на одній платформі, шт.;

$n$  – коефіцієнт заповнення платформ, ( $n = 0,8$ ).

Довжину заливальної дільниці конвейера розраховують за формулою:

$$L_3 = V_K \cdot t_p \cdot m, \quad (6.10)$$

де  $t_p$  – час розливання металу з одного ковша, хв;

$m$  – кількість ковшів, що одночасно працюють на заливанні, шт.

Довжину дільниці охолодження форм розраховують за формулою:

$$L_{\text{ОХ}} = V_K \cdot t_{\text{ОХ}}, \quad (6.11)$$

де  $t_{\text{ОХ}}$  – час охолодження виливків, год. (вибирають за таблицями або номограмами для кожного сплаву з урахуванням товщин стінок [2]).

При високій продуктивності потокових ліній для зменшення площі, яку займає охолоджувальна дільниця конвейера, використовують останні з двошарнірним ланцюгом, який дає можливість розташовувати трасу на двох ярусах.

Результати розраховувань оформляють за формою 7 (табл.6.16).

*Форма 7*

Таблиця 6.16 – Завантаження формувальних ліній

| Інд. поз. | Параметри           | Одиниці вимірювання | Номер формувальної лінії |   |   |
|-----------|---------------------|---------------------|--------------------------|---|---|
|           |                     |                     | 1                        | 2 | 3 |
| 1         | Групи литва         | –                   |                          |   |   |
| 2         | Річний випуск литва | т                   |                          |   |   |



|   |  |      |  |  |  |
|---|--|------|--|--|--|
| 3 | Розмір форм  | мм   |  |  |  |
| 4 | Кількість форм за годину:<br>– середньогодинна на програму<br>– при повному завантаженні формувальних автоматів                        | шт.  |  |  |  |
|   |  | шт.  |  |  |  |
| 5 | Крок ливарного конвейєра   | м    |  |  |  |
| 6 | Кількість форм на платформі  | шт.  |  |  |  |
| 7 | Швидкість конвейєра:<br>– при середньогодинному виготовленні форм<br>– при повному завантаженні формувальних автоматів                 | м/хв |  |  |  |
|   |  | м/хв |  |  |  |
| 8 | Довжина охолоджувальної ділянки конвейєра  | м    |  |  |  |
| 9 | Тривалість охолодження залитих форм:<br>– при середньогодинному виготовленні форм<br>– при повному завантаженні формувальних автоматів | хв   |  |  |  |
|   |  | хв   |  |  |  |

При використанні формування в кесонах розраховують необхідні площі за методикою, викладеною в [1]. Результати розраховувань заносять у форму 8 (табл.6.17).

Розраховування парку опок для формувальних відділень виконують залежно від їх циклу обертання:

$$ПО = (1,25...1,3)N_{\phi} \cdot T, \quad (6.12)$$

де 1,25...1,30 – коефіцієнт, який враховує резерв і ремонтний запас опок;

$N_{\phi}$  – кількість форм, що виготовляють на лінії за 1 год.;

$T$  – цикл обертання опок, год. (для форм металомісткістю до 20 кг  $T = 40...90$  хв; для більш металомістких форм  $T = 2...4$  год.). Розраховування здійснюють для верхньої і нижньої опок окремо. Кількість типорозмірів опок вибирають мінімальним.

Площі формувальних відділень не розраховують, а визначають плануванням устаткування з дотриманням норм проектування, враховуючи проходи і проїзди.

Для транспортування форм та виливків на ділянках застосовують мостові і консольні крани; при виготовленні виливків масою менше 100 кг доцільно використовувати засоби безперервного транспорту.

Таблиця 6.17 – Розрахунок кількості та розмірів кесонів

| 1            | 2                          | Річна кількість виливків |     | 5                           | Габаритні розміри одного виливка, мм |              | 8  | 9  | 10  | 11   | 12  | 13                         | 14  | 15                                   |
|--------------|----------------------------|--------------------------|-----|-----------------------------|--------------------------------------|--------------|--|--|---|--|---|----------------------------|---|--------------------------------------|
|              |                            | 3                        | 4   |                             | 6                                    | 7            |  |  |   |  |   |                            |   |                                      |
| Номер кесону | Групи виливків за масою, т | тис. т                   | шт. | Середня маса одного виливка | середній                             | максимальний | Середня кількість форм за добу з урахуванням браку, шт (А) | Середній повний цикл виготовлення виливка, діб (Б) | Розрахована кількість місць з урахуванням коефіцієнта нерівномірності (АхБхК=В) | Середня площа, зайнята однією формою, м <sup>2</sup> (Г) | Розрахована площа кесонів, м <sup>2</sup> (ВхГ=Д) | Прийняті розміри кесона, м | Прийнята площа кесона, м <sup>2</sup> (Е) | Коефіцієнт використання кесона (Д/Е) |

Для зберігання великих опок передбачають відкриті естакади; для зберігання опок конвейєрного виробництва використовують закриті склади, обладнані підйомними засобами.

**6.6.3 Стрижневе відділення.** Відділення необхідно проектувати в такій послідовності:

- розподілити номенклатуру стрижнів за масовими групами і складністю;
- визначити технологічні процеси виготовлення стрижнів кожної групи;
- вибрати тип і розрахувати необхідну кількість устаткування;
- визначити площі складів стрижнів і стрижневих ящиків;
- розробити планування відділення з урахуванням транспорту;
- визначити площу стрижневого відділення.

Номенклатуру, кількість, об'єм, розміри та інші параметри стрижнів визначають за технологічними картами або креслениками виливків. Дані технологічних карт і технологічних креслеників виливків використовують для складання форми 10 (табл.6.18).

Якщо технологією виготовлення стрижнів сушіння їх у сушарках безперервної дії не передбачають, то відповідні колонки з форми 10 вилучають.

Якщо технологічна документація відсутня, об'єм виробництва та орієнтовну номенклатуру стрижнів для чавунних і сталевих виливків визначають за нормативами розрахункової кількості стрижнів на 1 т придатних виливків ([2], табл.62 або [3], табл.20) і заносять у табл.6.19.

Таблиця 6.18 – Маршрутна технологія та завантаження стрижневого відділення

| 1              | 2          | 3            | 4                       | 5         | Загальні дані      |               |                                |                      |                              |   | Програма та устаткування  |               |                                      |                             |                                  |        | Сушіння або підсушування стрижнів |    |    |
|----------------|------------|--------------|-------------------------|-----------|--------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------|---|---------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------|-----------------------------------|----|----|
|                |            |              |                         |           | 6                  | 7             | 8                              | 9                    | 10                           | 11  | 12                        | 13            | 14                                   | 15                          | 16                               | 17     | 18                                | 19 | 20 |
| Індекс позиції | Код деталі | Назва деталі | Річна кількість деталей | № стрижня | кількість стрижнів | маса стрижнів | габаритні розміри стрижня, мм. | стрижнів в ящику, шт | зйомів на річну програму, шт | тип та модель стрижневої лінії або машини | розмір сушильних плит, мм | кількість, шт | площа сушильних плит, м <sup>2</sup> | Тривалість сушіння, с       |                                  |        |                                   |    |    |
|                |            |              |                         |           | на деталь          | одного, кг    | довжина                        |                      |                              |   | довжина                   |               |                                      | стрижнів на сушильній плиті | сушильних плит на річну програму | однієї | на річну програму                 |    |    |
|                |            |              |                         |           | на річну програму  |               | ширина                         |                      |                              |   | ширина                    |               |                                      |                             |                                  |        |                                   |    |    |
|                |            |              |                         |           |                    |               | висота                         |                      |                              |   | висота                    |               |                                      |                             |                                  |        |                                   |    |    |

Втрати на брак виливків і ламання стрижнів приймають до 10% об'єму виробництва. У сучасних ливарних цехах основними способами виготовлення стрижнів є:

- у великосерійному і масовому виробництвах – піскодувно-піскострільний процес з ХТС та з використанням гарячої оснастки ;
- у серійному і дрібносерійному виробництвах – піскострільний процес з ХТС;
- у дрібносерійному і одиничному виробництві для середнього, великого і важкого литва – з самотвердких сумішей (РСС, ПСС, ХТС з віброущільненням) і піскометний спосіб.

Розподіл стрижнів за технологічними групами заносять у форму 11 (табл.6.20)

Для визначення завантаження основного технологічного устаткування стрижневого відділення заповнюють форму 12 (табл.6.21), в якій використовують дані табл.6.19.

На підставі форми 12 складають форму 13 (табл.6.22), яка дає загальну характеристику стрижневого відділення.

Таблиця 6.19 – Об’єм виробництва стрижневого відділення

| Інд. поз. | Код деталі | Найменування деталі | Річна кількість виливків, шт | Стрижні |                       |          | Потреба у стрижнях, шт |                           |  | Маса стрижнів на річну програму, т |
|-----------|------------|---------------------|------------------------------|---------|-----------------------|----------|------------------------|---------------------------|--|------------------------------------|
|           |            |                     |                              | номер   | габаритні розміри, мм | маса, кг | на виливок             | на річний випуск виливків | річна з урахуванням браку виливків та стрижнів |                                    |
| 1         | 2          | 3                   | 4                            | 5       | 6                     | 7        | 8                      | 9                         | 10   | 11                                 |

Форма 11

Таблиця 6.20 – Розподіл стрижнів за групами та способами виготовлення

| Група стрижнів за масою | Середня маса стрижня, кг | Спосіб виготовлення | Кількість стрижнів, шт./т |                        |                        |                     |                     |        |
|-------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------|
|                         |                          |                     | за рік                    | на потоковій лінії ... | на потоковій лінії ... | на машині моделі... | на машині моделі... | всього |
| 1                       | 2                        | 3                   | 4                         | 5                      | 6                      | 7                   | 8                   | 9      |
| ...                     |                          |                     |                           |                        |                        |                     |                     |        |
| ...                     |                          |                     |                           |                        |                        |                     |                     |        |
| Всього                  |                          |                     |                           |                        |                        |                     |                     |        |

Форма 12

Таблиця 6.21 – Завантаження устаткування для виготовлення стрижнів

| Індекс позиції | Код деталі | Назва деталі | № стрижня | Кількість зйомів | Тип стрижневої машини | Продуктивність устаткування, зйомів за годину | Необхідна кількість стрижневих машин | Площа сушильних плит на річну кількість стрижнів, м <sup>2</sup> | Маса стрижнів на річну програму, т |
|----------------|------------|--------------|-----------|------------------|-----------------------|---|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| 1              | 2          | 3            | 4         | 5                | 6                     | 7   | 8                                    | 9  | 10                                 |

Таблиця 6.22 – Зведені дані по стрижневому відділенню

| Параметри   | Витрати стрижнів, кг     |                           | У тому числі за методами виготовлення |               |                               |                              |
|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------|-------------------------------|------------------------------|
|   | на оди-<br>ницю<br>литва | на річну<br>про-<br>граму | з твердненням в<br>ящиках             |               | з тепло-<br>вим су-<br>шінням | оболон-<br>кові стри-<br>жні |
|   |                          |                           | нагрітих                              | холод-<br>них |                               |                              |
| Маса<br>стрижня,<br>кг                            |                          |                           |                                       |               |                               |                              |
| Площа<br>укладання<br>стрижнів,<br>м <sup>2</sup> |                          |                           |                                       |               |                               |                              |
| Кількість<br>зйомів,<br>шт                        |                          |                           |                                       |               |                               |                              |

Кількість автоматичних або механізованих ліній для виготовлення стрижнів за кількістю зйомів за рік (табл.6.21) визначають за формулою:

$$L_c = \frac{B_p \cdot K_H}{\Phi_d \cdot q}, \quad (6.13)$$

де  $B_p$  – річна кількість зйомів, шт.;  
 $q$  – продуктивність лінії, зйомів/год.

Кількість автоматичних або механізованих ліній для виготовлення стрижнів за їх масою (табл.6.22) визначають за формулою:

$$M_L = \frac{B_{\Pi} \cdot 1000}{m \cdot \Phi_d \cdot q \cdot K_3}, \quad (6.14)$$

де  $B_{\Pi}$  – проектна потужність потоку (групи за масою) виготовлення стрижнів, т/рік;  
 $m$  – маса стрижнів в одному ящику, кг;  
 $K_3$  – коефіцієнт завантаження лінії ( $K_3 \leq 0,8$ , але менше  $K_3$  формувального відділення)

Кількість стрижневих машин розраховують за формулою:

$$M_c = \frac{B_3 \cdot K_H}{(\Phi_d - t) \cdot q}, \quad (6.15)$$

де  $B_3$  – кількість зйомів стрижнів на річну програму за масовими групами з урахуванням браку, кількості гнізд в ящику або поділення стрижня на частини, шт/рік;

$t$  – втрати часу на зміну стрижневих ящиків за рік, год.;

$q$  – продуктивність машини, зйомів/год.

За наявністю у відділенні декількох типів стрижневого устаткування розрахування його кількості зводять у форму 14 (табл.6.23).

Форма 14

Таблиця 6.23 – Розрахунок кількості стрижневих машин

| Група стрижнів | Дільниця стрижневого відділення | Потрібна кількість, шт |           |        |           | Тип стрижневих машин | Продуктивність стрижневих машин |               | Кількість стрижневих машин |          | Коефіцієнт завантаження, $K_3$ |
|----------------|---------------------------------|------------------------|-----------|--------|-----------|----------------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|----------|--------------------------------|
|                |                                 | стрижнів               |           | зйомів |           |                      | т/год.                          | зйомів / год. | за розрахунком             | прийнята |                                |
|                |                                 | за рік                 | за годину | за рік | за годину |                      |                                 |               |                            |          |                                |
| 1              | 2                               | 3                      | 4         | 5      | 6         | 7                    | 8                               | 9             | 10                         | 11       | 12                             |

Необхідну кількість конвейєрних сушарок розраховують за формулою:

$$C_{\text{кон}} = \frac{S \cdot t \cdot l}{F \cdot a \cdot \Phi_d \cdot L_k \cdot K_{\text{зап}}}, \quad (6.16)$$

де  $S$  – площа сушильних плит на річну програму,  $m^2$ ;

$t$  – час одного циклу сушіння, год.;

$l$  – відстань між етажерками, м;

$F$  – площа однієї полиці етажерки,  $m^2$ ;

$a$  – кількість полиць етажерки, шт;

$L_k$  – загальна довжина конвейєра, м;

$K_{\text{зап}}$  – коефіцієнт заповнення етажерок, ( $K_{\text{зап}} = 0,6 \dots 0,8$ ).

Потрібну кількість камерних сушарок розраховують з урахуванням циклу сушіння і прийнятим типорозміром печі:

$$C_{\text{КАМ}} = \frac{S \cdot t \cdot K_{\text{Н}}}{F \cdot \Phi_{\text{Д}} \cdot n \cdot K_{\text{ЗАП}}}, \quad (6.17)$$

де  $S$  – площа сушильних плит на річну програму,  $\text{м}^2$ ;

$t$  – час одного циклу сушіння, год.;

$F$  – площа однієї етажерки,  $\text{м}^2$ ;

$n$  – кількість етажерок в одній камері;

$K_{\text{ЗАП}}$  – коефіцієнт заповнення етажерок ( $K_{\text{ЗАП}} = 0,6 \dots 0,8$ ).

Результати розраховувань оформляють за формами 15, 16, 17, 18 (табл.6.24, 6.25, 6.26,6.27).

Форма 15

Таблиця 6.24 – Характеристика сушарок для стрижнів

| Тип сушарки | Кількість етажерок у зоні сушіння | Розмір полиць (L x B), мм | Площа полиць у зоні сушіння, $\text{м}^2$ |                  |
|-------------|-----------------------------------|---------------------------|---|------------------|
|             |                                   |                           | при одній полиці                          | при двох полицях |
| 1           | 2                                 | 3                         | 4   | 5                |
|             |                                   |                           |   |                  |

Форма 16

Таблиця 6.25 – Розподілення стрижнів за сушарками та режимами сушіння

| Тривалість циклу і режим сушіння, | Сушарка |           | Маса стрижнів |       |        | Сушильна площа стрижнів |                         |                          | Кількість циклів |         |          |
|-----------------------------------|---------|-----------|---------------|-------|--------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|---------|----------|
|                                   | тип     | кількість | %             | т/рік | т/год. | %                       | $\text{м}^2/\text{рік}$ | $\text{м}^2/\text{год.}$ | %                | шт./рік | шт./год. |
| 1                                 | 2       | 3         | 4             | 5     | 6      | 7                       | 8                       | 9                        | 10               | 11      | 12       |
|                                   |         |           |               |       |        |                         |                         |                          |                  |         |          |

Таблиця 6.26 – Розрахунок кількості стрижневих сушарок

| Тривалість циклу і режим сушіння, год. | Сушарки |                                     | Площа полиць у зоні сушіння, м <sup>2</sup> | Пропускна спроможність однієї сушарки (коефіцієнт заповнення 0,7), м <sup>2</sup> /год. | Потрібна сушильна площа стрижнів, м <sup>2</sup> /год. |           | Кількість сушарок |          | Коефіцієнт завантаження, Кз |
|--|---------|-------------------------------------|---|---|--|-----------|-------------------|----------|-----------------------------|
|  | тип     | кількість полиць на одній етажерці, |   |   | за рік   | за годину | за розрахунком    | прийнята |                             |
| 1                                      | 2       | 3                                   | 4   | 5   | 6  | 7         | 8                 | 9        | 10                          |

Таблиця 6.27 – Розрахунок камерних стрижневих сушарок

| Група стрижнів за масою, кг | Річний об'єм стрижнів, м <sup>3</sup> | Тип та характеристика сушарок | Тривалість одного циклу сушіння, год. | Кількість циклів сушіння за рік | Коефіцієнт заповнення об'єму сушарок | Продуктивність сушарок, т/год. | Коефіцієнт нерівномірності, Кн | Кількість сушарок |          | Коефіцієнт завантаження, Кз |
|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------|-----------------------------|
|                             |                                       |                               |                                       |                                 |                                      |                                |                                | за розрахунком    | прийнята |                             |
| 1                           | 2                                     | 3                             | 4                                     | 5                               | 6                                    | 7                              | 8                              | 9                 | 10       | 11                          |

Проектування стрижневого відділення передбачає також визначення типів і необхідної кількості транспортного устаткування, розрахування устаткування і площ каркасної дільниці, складів стрижневих ящиків і стрижнів.

**6.6.4 Сумішоприготувальне відділення.** Розрахування відділення доцільно здійснювати в такій послідовності:

- визначити рецептуру і необхідну кількість формувальних і стрижневих сумішей;
- вибрати технологічний процес приготування сумішей;
- вибрати тип устаткування для приготування кожного виду сумішей;
- розрахувати кількість змішувачів;
- розробити планування відділення і визначити його площу;



– здійснити проектування транспортних систем і вибір засобів автоматизації для подавання формувальних матеріалів у сумішоприготувальне відділення і розподілу готових формувальних і стрижневих сумішей на місця використання.

Загальну річну витрату формувальних сумішей визначають із розрахунків формувально-складально-заливально-вибивальних відділень (див. форми 4, 5), виходячи із об'єму і кількості форм, які виготовляють для всієї номенклатури виливків з відрахуванням об'єму, зайнятого виливками з ливниковими системами і стрижнями. Результати розраховувань заносять у форму 19 (табл.6.28).

За відсутності технологічних даних на всю номенклатуру програми допускається визначати витрати формувальних сумішей на 1 т придатних виливків залежно від їх маси [3, табл. 30]. Відповідні дані заносять у форму 20 (табл.6.29)

Після розраховування загальні витрати сумішей на річну програму, отримані за табл.6.28 і 6.29, збільшують на 10...15 % для урахування втрат під час транспортування, формування тощо.

Форма 19

Таблиця 6.28 – Розрахунок витрат формувальної суміші

| Внутрішні розміри опок, мм | Випуск виливків, т/рік | Середня маса виливків у формі, кг | Розрахована кількість форм на рік | Об'єм однієї форми, м <sup>3</sup> | Розрахований об'єм, м <sup>3</sup> /рік |              |          | Розраховані витрати суміші, т/рік |              |               |                |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|--------------|----------|-----------------------------------|--------------|---------------|----------------|
|                            |                        |                                   |                                   |                                    | усіх форм                               | у тому числі |          | усього або єдиної                 | у тому числі |               |                |
|                            |                        |                                   |                                   |                                    |   | металу       | стрижнів |                                   | суміші       | облицювальної | наповнювальної |
| 1                          | 2                      | 3                                 | 4                                 | 5                                  | 6                                       | 7            | 8        | 9                                 | 10           | 11            | 12             |
|                            |                        |                                   |                                   |                                    |   |              |          |                                   |              |               |                |

Оскільки продуктивність сумішоприготувального устаткування вказують у м<sup>3</sup>/год, потрібно перерахувати витрати сумішей з масових одиниць ущільненої суміші в об'ємні одиниці неущільненої суміші за співвідношенням:

$$P_{\text{нУ}} = 0,757 \cdot P_{\text{У}}, \quad (6.18)$$

де  $P_{\text{нУ}}$  – кількість суміші в неущільненому стані, м<sup>3</sup>;

0,757 – коефіцієнт переходу від масових до об’ємних величин з урахуванням ущільнення суміші. У всіх розрахунках приймають наступні об’ємні маси (т/м<sup>3</sup>) формувальних і стрижневих сумішей: розпушених – 1,25; нормально ущільнених – 1,65; ущільнених при високому тиску – 1,80; РСС – 1,35; ХТС – 1,55;  
 $P_y$  – кількість ущільненої суміші на річну програму, т.

Форма 20

Таблиця 6.29 – Розрахунок витрат формувальної суміші за середніми нормами

| Групи виливків за масою, кг | Випуск виливків, т/рік | Витрати суміші, т |        |                 |        |                 |        | Розраховані витрати суміші, т/рік |               |                |
|-----------------------------|------------------------|-------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------------------------|---------------|----------------|
|                             |                        | усієї або єдиної  |        | облицювальної   |        | наповнювальної  |        | усієї або єдиної                  | облицювальної | наповнювальної |
|                             |                        | на 1 т виливків   | за рік | на 1 т виливків | за рік | на 1 т виливків | за рік |                                   |               |                |
| 1                           | 2                      | 3                 | 4      | 5               | 6      | 7               | 8      | 9                                 | 10            | 11             |

Витрати стрижневих сумішей визначають за технологічною відомістю номенклатури стрижнів на всю програму з розподіленням за видами сумішей (див.форма 10). За відсутності повних даних щодо номенклатури стрижнів розрахування виконують за середніми нормами заповнення форми 21 (табл.6.30).

Форма 21

Таблиця 6.30 – Витрати стрижневих сумішей за середніми нормами

| Група виливків за масою | Випуск виливків, т/рік | Витрати суміші за групами стрижнів, кг |       |                    |       |                    |       |                    |       |                    |       | Загальні витрати, т/рік | Розраховані витрати, т/рік |
|-------------------------|------------------------|--|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|-------------------------|----------------------------|
|                         |                        | < 16                                   |       | 16...40            |       | 40...100           |       | 100...1000         |       | > 1000             |       |                         |                            |
|                         |                        | кг на 1 т виливків                     | т/рік | кг на 1 т виливків | т/рік | кг на 1 т виливків | т/рік | кг на 1 т виливків | т/рік | кг на 1 т виливків | т/рік |                         |                            |
| 1                       | 2                      | 3                                      | 4     | 5                  | 6     | 7                  | 8     | 9                  | 10    | 11                 | 12    | 13                      | 14                         |

Склади (рецептуру) сумішей призначають згідно прийнятої технології.

Знаючи річні витрати формувальних і стрижневих сумішей і їх рецептуру, розраховують витрати компонентів з урахуванням утрат за формою 22 (табл.6.31).

Форма 22

Таблиця 6.31 – Рецептура сумішей та розрахунок витрат компонентів

| Суміші       |                |                     | Витрати компонентів |       |                 |       |           |       |          |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|----------------|---------------------|---------------------|-------|-----------------|-------|-----------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| найменування | витрати, т/рік |                     | оборотна суміш      |       | кварцовий пісок |       | регенерат |       | бентоніт |       | ..... |       | ..... |       | ..... |       |
|              | розраховані    | з урахуванням утрат | %                   | т/рік | %               | т/рік | %         | т/рік | %        | т/рік | %     | т/рік | %     | т/рік | %     | т/рік |
| 1            | 2              | 3                   | 4                   | 5     | 6               | 7     | 8         | 9     | 10       | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    |

Під час вибирання устаткування для сумішоприготувального відділення орієнтуються перш за все на автоматизовані лінії подавання формувальних матеріалів, приготування сумішей і розподілу їх у бункери формувальних автоматів і машин, а також передбачають регенерацію або кондиціонування оборотної суміші.

Вибирання типу змішувача визначається видом формувальних і стрижневих сумішей. Для єдиних і наповнювальних сумішей використовують високопродуктивні змішувачі з вертикальною віссю обертання котків, для облицювальних і інших сумішей з підвищеними вимогами до технологічних властивостей – змішувачі з вертикальними котками. Для роботи в комплекті з АФЛ використовують автоматичні системи сумішоприготування, що забезпечує стабільні властивості формувальних сумішей.

Кількість змішувачів періодичної дії визначають за формулою:

$$Z_M = \frac{P_{HY} \cdot K_H}{\Phi_D \cdot q}, \quad (6.19)$$

де  $P_{HY}$  – річна кількість неущільненої суміші, м<sup>3</sup>;

$q$  – продуктивність змішувача, м<sup>3</sup>/год.

При розраховуваннях устаткування, яке встановлюють після вибивальної ґратки і змішувачів, приймають  $K_H = 2...3$ , який враховує нерівномірність видавання суміші.

Розрахунок кількості змішувачів та іншого устаткування оформляють за формами 23 і 24 (табл.6.32, 6.33).

Таблиця 6.32 – Розрахунок кількості змішувачів

| Суміш        |                 |             | Змішувачі |                                     |           |             |          |   |              |
|--------------|-----------------|-------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------|----------|---|--------------|
| найменування | витрати, т/год. |             | тип       | продуктивність, м <sup>3</sup> /год | кількість |             |          | коефіцієнт завантаження, К <sub>з</sub> |              |
|              | розраховані     | максимальні |           |                                     | середня   | максимальна | прийнята | середній                                | максимальний |
| 1            | 2               | 3           | 4         | 5                                   | 6         | 7           | 8        | 9                                       | 10           |

Примітки: 1. Кількість змішувачів (середню і максимальну) визначають залежно від К<sub>н</sub>.

2. Коефіцієнт завантаження, К<sub>з</sub>, визначають залежно від кількості змішувачів.

У ливарних цехах великосерійного і масового виробництв проектують окремі сумішоприготувальні установки для кожної формувальної лінії, а в цехах середнього, дрібносерійного і одиничного виробництв – централізовані сумішоприготувальні відділення.

Місткість бункерів для формувальних сумішей розраховують, виходячи з умови забезпечення запасу суміші на 2...4 год. роботи формувальних ліній або ділень.

Таблиця 6.33 – Розрахунок устаткування сумішоприготувального відділення

| Операція | Витрати, т/год. |             | Устаткування |     |                                      |                |          |   |
|----------|-----------------|-------------|--------------|-----|--------------------------------------|----------------|----------|---|
|          | розраховані     | максимальні | найменування | тип | продуктивність, м <sup>3</sup> /год. | кількість      |          | коефіцієнт завантаження, К <sub>з</sub> |
|          |                 |             |              |     |                                      | за розрахунком | прийнята |   |
| 1        | 2               | 3           | 4            | 5   | 6                                    | 7              | 8        | 9                                       |

Змішувачі для приготування стрижневих сумішей розміщують у стрижневих відділеннях або поблизу їх для забезпечення найбільш коротких і зручних трас доставки сумішей до робочих місць.

При виготовленні стрижнів і форм із самотвердких сумішей (ХТС, РСС тощо), враховуючи їх обмежену живучість, змішувачі входять у склад формувальних та стрижневих ліній або окремо встановлених установок, які розміщують відповідно в стрижневих і формувальних відділеннях і розраховують у відповідних розділах проекту.

**6.6.5 Відділення фінішних операцій.** Розраховування відділення ведуть на підставі річної виробничої програми ливарного цеху з урахуванням браку (4...6% річної програми) виливків та таких, які піддають виправленню дефектів (для дрібного литва – 20...25% річного випуску, для великого – 40...60%).

Послідовність проектування відділення:

- розбити всю номенклатуру виливків на масові групи (технологічні потоки);
- визначити оптимальну потужність потоку для кожної групи;
- вибрати раціональні технологічні процеси і устаткування для кожної масової групи;
- розрахувати кількість устаткування і створити технологічні потокові лінії;
- розробити планування відділення.

Технологічні процеси і відповідне устаткування вибирають на підставі характеристик виливків (типу сплаву, маси, конфігурації, розмірів) з урахуванням серійності.

Технологічне устаткування повинне забезпечувати виконання операцій: видалення стрижнів із виливків, відокремлення ливників і надливів, очищення поверхні від пригару, зачищення (заточування), термічне оброблення, фарбування. Виливки у відділення фінішних операцій повинні надходити після охолодження, для цього потрібно передбачити їх достатнє витримування після вибивання із форм. Охолоджують вибиті виливки в цехах масового і великосерійного виробництва на пластинчастих або підвісних ланцюгових конвейерах, якими виливки передають із вибивальної ділянки у відділення фінішних операцій. Для великого литва передбачають площі для вихолонення виливків після вибивання із форм.

**Усе устаткування розміщують згідно з послідовністю фінішних операцій з дотриманням потокового методу оброблення виливків.**

У масовому і великосерійному виробництвах устаткування розподіляють на підставі подетальних розрахунків, а в серійному, дрібносерійному і одиничному – за укрупненими показниками для окремих груп виливків (форма 25,

табл.6.34).

Форма 25

Таблиця 6.34 – Розподіл виливків за операціями очищення та термооброблення

| Код виливка | Найменування | Маса одного виливка, кг | Розподіл річного випуску за операціями технологічного процесу |   |  |   |         |                   |     |                     |     |           |       |     |         |                 |     |
|-------------|--------------|-------------------------|---|---|--|---|---------|-------------------|-----|---------------------|-----|-----------|-------|-----|---------|-----------------|-----|
|             |              |                         | Річний випуск   |   | вибивання стрижнів та відокремлення ливників |   |         | дробометна камера |     | дробометний барабан |     | зачищення |       |     |         | термооброблення |     |
|             |              |                         |   |   | спеціальне устаткування                      |   | барабан |                   |     |                     |     | верстат   | ..... |     | верстат |                 |     |
|             |              |                         | шт.   | т | шт.  | т |         | т                 | шт. | т                   | шт. |           | т     | шт. |         | т               | шт. |
| 1           | 2            | 3                       | 4   | 5 | 6  | 7 | 8       | 9                 | 10  | 11                  | 12  | 13        | 14    | 15  | 16      | 17              | 18  |

Потрібну кількість устаткування розраховують за формою 26 (табл.6.35). Для масового та великосерійного виробництв потреби в деяких типах устаткування визначають за продуктивністю в штуках.

Продуктивність дробометних камер з підвісними конвейерами розраховують за формою 27 (табл.6.36).

Кількість однотипного устаткування відділення визначають за формулою:

$$n = \frac{Q \cdot K_H}{\Phi_D \cdot q} \quad (6.20)$$

де Q – маса виливків у потоці на річну програму, т.

Таблиця 6.35 – Розрахунок устаткування відділення фінішних операцій

| Група литва | Середньогодинний випуск литва |   | Устаткування | Годинна продуктивність устаткування |   | Кількість одиниць устаткування |          | Коефіцієнт завантаження, $K_3$ |
|-------------|-------------------------------|---|--------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|----------|--------------------------------|
|             | шт.                           | т |              | шт.                                 | т | розрахована                    | прийнята |                                |
| 1           | 2                             | 3 | 4            | 5                                   | 6 | 7                              | 8        | 9                              |

Таблиця 6.36 – Розрахунок продуктивності дробометних камер з підвісними конвейерами

| Код деталі | Найменування | Маса одного вилівка, кг | Кількість виливків на одній підвісці |   | Годинна продуктивність дробометної камери |                |
|------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|---|---|----------------|
|            |              |                         | шт.                                  | т | підвісок, шт.                             | вилівоків, шт. |
| 1          | 2            | 3                       | 4                                    | 5 | 6   | 7              |

Для гідро- і дробометних камер, очисних барабанів, термічних печей та ґрунтувального устаткування приймають :  $K_3 = 0,70 \dots 0,85$  при  $K_H = 1,1 \dots 1,3$ .

У цехах масового та великосерійного виробництва вибиті виливки охолоджують перед зачищенням на пластинчастих або підвісних ланцюгових конвейерах, якими їх подають на очисну дільницю. Основні параметри конвейерів наводять за формою 28 (табл.6.37)

Кількість термічних печей розраховують за формою 29 (табл.6.38).

Відділення повинне мати в своєму складі дільниці для ґрунтування і виправлення дефектів, пости контролю виливків та інструментальні комори, складські приміщення (проміжні міжопераційні склади для виливків до і після термооброблення). Площі складів визначають за нормами [3, табл.42].

Відділення фінішних операцій потрібно розташовувати в самостійних прогонах, при цьому все велике устаткування розташовують біля стін або між колонами. У потужних ливарних цехах відділення фінішних операцій розташовують в окремому корпусі.

Таблиця 6.37 – Розрахунок охолоджувальних конвейерів

| Група литва | Продуктивність ливарної лінії |        | Тривалість охолодження, хв. |                         | Пластинчастий конвейер                         |                                       |                     | Підвісний конвейер                            |                            |                        | Довжина охолоджувальної зони конвейєра, м. |
|-------------|-------------------------------|--------|-----------------------------|-------------------------|--|---------------------------------------|---------------------|---|----------------------------|------------------------|--|
|             | форм/год.                     | т/год. | на пластинчастому конвейєрі | на підвісному конвейєрі | кількість комплектів литва на 1 м <sup>2</sup> | необхідна площа, м <sup>2</sup> /год. | ширина конвейєра, м | кількість комплектів литва на олійній підвісі | кількість підвісок за год. | крок між підвісками, м |  |
| 1           | 2                             | 3      | 4                           | 5                       | 6  | 7                                     | 8                   | 9   | 10                         | 11                     | 12   |

Таблиця 6.38 – Розрахунок кількості термічних печей

| Група литва | Річний випуск |   | Тип термічної печі | Корисна місткість печі |   | Тривалість циклу, год. | Річна продуктивність однієї печі |   | Кількість печей |          | Коефіцієнт завантаження, Кз |
|-------------|---------------|---|--------------------|------------------------|---|------------------------|----------------------------------|---|-----------------|----------|-----------------------------|
|             | шт.           | т |                    | шт.                    | т |                        | шт.                              | т | розрахов.       | прийнята |                             |
| 1           | 2             | 3 | 4                  | 5                      | 6 | 7                      | 8                                | 9 | 10              | 11       | 12                          |

**6.6.6. Допоміжні відділення, дільниці і служби цеху.** У цьому розділі для кожного підрозділу наводять дані щодо призначення відділення, дільниці; процесу, що виконуються, прийняте устаткування, його розміщення і зайняті площі.

Потрібно передбачати такі допоміжні відділення і дільниці: відділення підготовки шихтових і формувальних матеріалів, майстерні для ремонту модельно-опочної оснастки, комори для зберігання допоміжних матеріалів, інструменту, спецодягу, запчастин для ливарного устаткування, ремонтно-механічну і електро-ремонтну майстерні, цехові лабораторії для випробувань формувальних матеріалів і сумішей, експресного визначення хімічного складу сплавів,



дефектоскопії тощо. Площі визначають на підставі нормативних даних залежно від потужності цеху [2, 3].

**6.6.7 Склади.** Вихідними даними для проектування складів є встановлені раніше потреби плавильного і сумішоприготувального відділень в шихтових, формувальних і вогнетривких матеріалах на річний випуск литва.

Витрати допоміжних матеріалів устанавлюють на підставі нормативних даних з кожного виду виробів.

Розрахування площ складів для зберігання матеріалів та виробів здійснюють за формою 6.1 (табл.6.39).

На складах виділяють ділянки для підготовки шихтових і формувальних матеріалів, які розраховують за формами 6.2 та 6.3 (табл.6.40 та 6.41).

Якщо на заводі наявні два і більше ливарних цехів, потрібно проектувати базисні склади. Якщо ливарний цех один, то склади розташовують в будівлі даного цеху.

Загальну площу складу визначають за формулою:

$$F_{\text{СКЛ}} = F_{\text{ТЕХ}} + F_{\text{ЗАС}} + F_{\text{Е}} + F_{\text{ПП}}, \quad (6.21)$$

де  $F_{\text{ТЕХ}}$  – площа технологічних ділянок складу, яка передбачає площі, відведені під устаткування, проходи і залізничні шляхи,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{ЗАС}}$  – площа засіків,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{Е}}$  – площа, зайнята внутрішніми естакадами і місцями для розвантажування матеріалів,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{ПП}}$  – площа, зайнята пристроями для подавання матеріалів до місць використання,  $\text{м}^2$ ;

Площу засіків для шихти визначають за формулою:

$$F_{\text{З.Ш.}} = 1,1(f_1 + f_2 + \dots + f_n), \quad (6.22)$$

де  $f_1, f_2, \dots, f_n$  – розрахункові площі для відповідних компонентів шихти,  $\text{м}^2$ .

Площі засіків для окремих компонентів перевіряють за формулою:

$$f_{\text{З.Ш.}} = \frac{100 \cdot M}{k} \cdot \frac{a \cdot b}{\Phi_k \cdot H \cdot \rho}, \quad (6.23)$$

де  $\frac{100 \cdot M}{k}$  – металозавалка, т/рік;

$M$  – потужність цеху, т/рік;

$k$  – вихід придатного литва, т/рік (у процентах від металозавалки);

$a$  – норми витрат відповідного компонента шихти від металозавалки, %;

$b$  – норми зберігання компонентів шихти, днів;

$H$  – висота зберігання компонента шихти ( $H = 2 \dots 4$  м);

$\rho$  – насипна маса компонента шихти,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

Ф<sub>к</sub> – календарний фонд часу, днів.

Форма 6.1

Таблиця 6.39 – Розрахунок складів шихтових та формувальних матеріалів

| Матеріал                       | Потреба, т/рік |                     | Об'ємна маса, т/м <sup>3</sup> | Запас на складі  |      |                | Місце та спосіб зберігання | Засіки               |                       | Бункери  |                           | Майданчик      |          |                                |                       |          |
|--------------------------------|----------------|---------------------|--------------------------------|------------------|------|----------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|----------|---------------------------|----------------|----------|--------------------------------|-----------------------|----------|
|                                | за розрахунком | з урахуванням утрат |                                | на кількість діб | тонн | м <sup>3</sup> |                            | висота зберігання, м | площа, м <sup>2</sup> |          | місткість, м <sup>3</sup> | кількість      |          | навантаження, т/м <sup>2</sup> | площа, м <sup>2</sup> |          |
|                                |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      | за розрахунком        | прийнята |                           | за розрахунком | прийнята |                                | за розрахунком        | прийнята |
| 1                              | 2              | 3                   | 4                              | 5                | 6    | 7              | 8                          | 9                    | 10                    | 11       | 12                        | 13             | 14       | 15                             | 16                    | 17       |
| Метали:                        |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| ...                            |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Брухт                          |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| ...                            |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Зворот власного виробництва    |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Феросплави:                    |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| ...                            |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Стружка                        |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| ....                           |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Паливо                         |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| ...                            |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Флюси:                         |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| ...                            |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Вогнетриви:                    |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| ...                            |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Всього шихтових матеріалів     |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Формувальні матеріали:         |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| ...                            |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Всього формувальних матеріалів |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |
| Всього на складі               |                |                     |                                |                  |      |                |                            |                      |                       |          |                           |                |          |                                |                       |          |

Форма 6.2

Таблиця 6.40 – Розрахунок устаткування для підготовки формувальних та шихтових матеріалів

| Матеріал і операція | Потреба, т/год. |             | Устаткування |                        |             |          |                             |
|---------------------|-----------------|-------------|--------------|------------------------|-------------|----------|-----------------------------|
|                     | середня         | максимальна | тип          | продуктивність, т/год. | кількість   |          | коефіцієнт завантаження, Кз |
|                     |                 |             |              |                        | розрахована | прийнята |                             |
| 1                   | 2               | 3           | 4            | 5                      | 6           | 7        | 8                           |

Форма 6.3

Таблиця 6.41 – Розрахунок програми дільниці підготовки шихти

| Матеріали | Потреба, т/рік | У тому числі за операціями підготовки, т/рік |                     |             |                |                  |                |
|-----------|----------------|--|---------------------|-------------|----------------|------------------|----------------|
|           |                | розбиття під копром                          | очищення в барабані | подрібнення | газове різання | різання ножицями | .....<br>..... |
| 1         | 2              | 3  | 4                   | 5           | 6              | 7                | 8              |

Площу засіків для формувальних матеріалів визначають за формулою:

$$f_{з.ф.} = 1,20 \dots 1,25(f_{п} + f_{г} + f_{в} + \dots), \quad (6.24)$$

де  $f_{п}$ ,  $f_{г}$ ,  $f_{в}$ , ... – розраховані площі засіків відповідно для піску, глини, вугілля тощо, м<sup>2</sup>.

Для відповідних формувальних матеріалів площу засіків визначають і перевіряють за формулою:

$$f = \frac{b \cdot M \cdot a'}{\Phi_k \cdot H \cdot \rho}, \quad (6.25)$$

де  $a'$  – норма витрат відповідного матеріалу, кг/т придатного литва;  
 $H$  – висота зберігання ( $H = 10 \dots 20$  м).

Площу, зайнята внутрішніми естакадами і місцями для розвантаження

визначають за формулою:

$$F_E = m \cdot l \cdot n, \quad (6.26)$$

де  $m$  – ширина площадки для розвантажування ( $m = 6 \dots 8$  м);

$l$  – довжина естакади, м;

$n$  – кількість естакад.

Площа, яку займає приймальне устаткування для подавання матеріалів у виробництво  $F_{\text{ПП}}$  становить 10...15 % корисної площі.

Площа на проходи і проїзди становить 10...15% корисної площі.

## 6.7 Внутрішньоцеховий транспорт

Транспортні засоби вибирають виходячи із характеру і об'єму виробництва цеху, який проектують, при цьому розрізняють два типових випадки:

– при ступінчастому режимі роботи цеху і низькому рівні механізації застосовують підйомно-транспортні засоби, які обслуговують площі, головним чином, мостові та консольні крани, а також наземний колісний транспорт;

– при паралельному режимі роботи і високому рівні механізації використовують транспорт, який обслуговує окремі лінії: монорейковий, рольганговий, різні конвейери (стрічкові, пластинчасті, вібраційні тощо), а також поточкові та автоматичні лінії на базі візкових, кроківних, трансбордерних і підвісних конвейерів.

Під час розроблення транспортного розділу проекту вибирають тип і вантажопідйомність внутрішньоцехового транспорту, розраховують кількість одиниць окремих видів транспорту, обґрунтовують доцільність і економічність вибраних рішень.

## 6.8 Енергетична частина

Енергетична частина атестаційної роботи містить розрахунки потреб ліварного цеху в електроенергії, воді, стиснутому повітрі, парі, паливі.

Загальні витрати електроенергії цехом становлять:

$$W = (W_T + W_C + W_O) \cdot K, \quad (6.27)$$

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

$W_C$  – річні витрати електроенергії на електрорушії силових установок, кВт·год;

$W_O$  – витрати електроенергії на освітлення, кВт·год;

$K$  – коефіцієнт втрат електроенергії в мережі ( $K = 1,05$ ).

Укрупнені розрахунки ведуться за питомими нормами витрат електроенергії на 1 т придатного литва:

$$W_T = P_T \cdot G_{\Pi}, \quad (6.28)$$

де  $P_T$  – питомі витрати електроенергії на технологічні потреби на 1 т придатного литва, кВт·год;

$G_{\Pi}$  – випуск придатного литва, т/рік.

Для силових установок, які працюють безперервно, витрати електроенергії визначають за формулою:

$$W_{\text{с.б.}} = \sum P_{\text{б.}} \cdot \Phi_{\text{д.}} \cdot \eta, \quad (6.29)$$

де  $P_{\text{б.}}$  – потужність одиниці устаткування, кВт;

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

Для силових установок, які працюють періодично, витрати електроенергії визначають за формулою:

$$W_{\text{с.п.}} = \sum P_{\text{п.}} \cdot t \cdot n \cdot \eta, \quad (6.30)$$

де  $P_{\text{п.}}$  – потужність одиниці устаткування, яке працює періодично, кВт;

$t$  – тривалість робочого циклу, год.;

$n$  – річна кількість циклів, шт.;

$$W_{\text{с.}} = W_{\text{с.б.}} + W_{\text{с.п.}}, \quad (6.31)$$

Кількість електроенергії на освітлення :

$$W_{\text{о.}} = 0,001 \cdot p \cdot F \cdot \Phi_{\text{д.}}, \quad (6.32)$$

де  $p$  – середні витрати електроенергії за 1 год. на 1 м<sup>2</sup> площі (для виробничих приміщень цеху  $p = 15 \dots 18$  Вт; складів -  $p = 8 \dots 10$  Вт; побутових приміщень  $p = 8$  Вт);

$F$  – площа, яка освітлюється, м<sup>2</sup>;

$\Phi_{\text{д.}}$  – річна кількість годин освітлювального навантаження (однорічна робота цеху – 650...750 год.; двозмінна – 2300...2500 год.; тризмінна – 4600...4800 год.).

Витрати стиснутого повітря визначають для кожної одиниці устаткування за паспортними даними залежно від режиму роботи цеху:

$$Q_{\text{с.п.}} = q \cdot \Phi_{\text{д.}} \cdot k_{\text{в.}}, \quad (6.33)$$

де  $Q_{\text{с.п.}}$  – витрати стиснутого повітря на одиницю устаткування, м<sup>3</sup>;

$q$  – середньогодинні витрати повітря, м<sup>3</sup>/год.;

$k_{\text{в.}}$  – коефіцієнт використання стиснутого повітря ( $k_{\text{в.}} = 0,80 \dots 0,85$ ).

Річні потреби в стиснутому повітрі (для цеху):

$$Q_{\text{С.П.Р.}} = (1,5 \dots 1,8) \sum Q_{\text{С.П.}}, \quad (6.34)$$

Укрупнені розрахунки витрат стиснутого повітря здійснюють на 1 т придатного литва:

$$Q_{\text{П.Р.}} = (1,5 \dots 1,8) \cdot q' \cdot G'_p, \quad (6.35)$$

де  $q'$  – витрати стиснутого повітря на 1 т литва,  $\text{м}^3$ ;

$G'_p$  – річна програма, т.

Витрати води на охолодження устаткування визначають для кожного його типу, кількості та тривалості роботи і підсумовують:

$$V_{\text{О.У.}} = \sum q' \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot k'_в, \quad (6.36)$$

де  $q'$  – витрати води за 1 год.,  $\text{м}^3$ ;

$k'_в$  – коефіцієнт використання води –  $0,80 \dots 0,85$ .

Для приготування формувальних сумішей витрати води визначають за формулою:

$$V_{\text{В.Ф.}} = \frac{У \cdot P_{\text{НУ}}}{100}, \quad (6.37)$$

де  $У$  – процент вологи в суміші;

$P_{\text{НУ}}$  – річні витрати неущільненої суміші,  $\text{м}^3$ .

Витрати води для побутових потреб приймають на підставі санітарних норм проектування промислових підприємств.

Витрати природного газу визначають для кожного споживача, при цьому приймають, що  $1 \text{ м}^3$  природного газу дорівнює  $1,17 \text{ кг}$  умовного палива. При укрупненому розрахунку приймають: для чавунного литва –  $150 \dots 180 \text{ кг}$  умовного палива на тонну; для сталевих –  $140 \dots 170 \text{ кг}$ .

Кількість теплоти для опалення будівель при укрупнених розрахунках:

$$q = (60 \dots 130) \frac{\text{Вт}}{\text{М}^3}, \quad (6.38)$$

Верхню межу відносять до приміщень ливарних цехів, що вимагають високої кратності вентиляції.

## 6.9 Будівельна частина

У будівельній частині проекту розглядають питання вибору будівельних елементів конструкції будівлі цеху; визначають основні габаритні розміри цеху і прогонів, крок колон, поверховість цеху; вибирають тип і будову покрівлі

тощо.

Будівельне проектування необхідно виконувати із застосуванням типових будівельних елементів [8].

### **6.10 Охорона праці і навколишнього середовища. Протипожежна техніка**

У розділі необхідно запропонувати рішення вентиляції, опалювання і освітлення цеху, заходів щодо захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів; зробити вибір устаткування і заходів, які забезпечують нормальні умови праці робітників; передбачити необхідні заходи з протипожежної техніки.

### **6.11 Економічний розділ**

У економічному розділі курсового проекту складають зведену таблицю основних техніко-економічних показників спроектованого ливарного цеху, в яку входять річний випуск виливків, загальна площа цеху, виробнича площа, зняття литва з квадратного метра загальної і виробничої площі тощо.

### **6.12 Розроблення стартап-проекту**

Розділ магістерських дисертацій «Розроблення стартап-проекту» присвячено реалізації першого етапу розроблення стартап-проекту, а саме висвітленню маркетингових аспектів створення стартапу: відбору ідей, створенню концепції продукту, визначення перспектив ринкової реалізації проекту та розроблення маркетингової стратегії. Розділ є завершальною частиною магістерської дисертації і виконується у вигляді оцінювання можливостей та формування заходів із ринкового впровадження інноваційних пропозицій магістранта.

### **6.13 Перелік посилань**

Перелік джерел, використаних у проекті, наводять у послідовності їх згадки у відповідності з ГОСТ 7.1-84.

### **6.14 Додатки**

У додатках вміщують наступні матеріали: специфікації до креслеників і інші матеріали на розсуд керівника і студента та звіт подібності.

## 7 ОФОРМЛЕННЯ І ЗАХИСТ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

На готових креслениках студент наносить рамки: з лівого боку аркуша на відстані 25 мм, а на трьох інших боках – 10 мм від лінії обрізу. Кожний кресленик повинен мати в правому нижньому кутку заповнений штамп. Усі кресленики і записка повинні бути підписані студентом і керівником і представлені до захисту в оригіналі.

Атестаційну роботу здобувачі захищають публічно перед екзаменаційною комісією. Перед допуском до захисту робота проходить на перевірку на плагіат. Звіт подібності додається до диплому у вигляді додатку.

Під час захисту проекту здобувач повинен технічно грамотно обґрунтувати прийняті рішення; крім рівня відповідей на питання, комісія враховує оригінальність опрацювання завдання і якість виконання графічної частини і пояснювальної записки, а за підсумками захисту виставляє диференційовану оцінку.

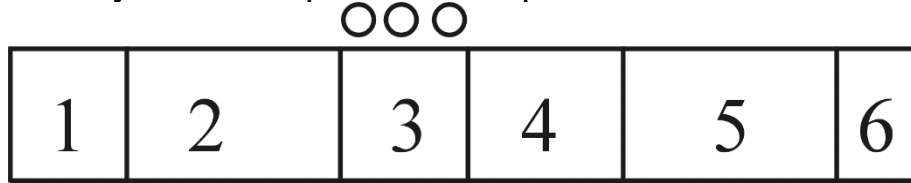


## Перелік посилань

1. Проектування ливарних цехів /Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко, І.М. Гурія, І.О. Шинський. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. –Ч.1. – 588 с.
2. Проектування ливарних цехів /Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко, І.М. Гурія, І.О. Шинський. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. –Ч.2. – 316 с.
3. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Проектування ливарних цехів" та дипломного проекту з розділу "Будівельна справа" : Для студ. спец. "Ливарне виробництво чорних і кольорових металів" та "Спеціальна металургія"/ Укл. С. Я. Мазур, Г. Є. Федоров ; НТУУ "КПІ". - К. : Політехніка, 2002. - 40 с.
4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Устаткування ливарних цехів" : Для студентів спеціальностей "Ливарне виробництво чорних та кольорових металів" / Уклад. О. І. Шейко. - К.: НТУУ "КПІ", 2000. - 21 с.
5. Баранов В.Н., Саначева Г.С., Падалка В.А. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов, Красноярск 2008, 222 с.
6. Карпов К.И. Расчет литейных цехов по производству литья в разовых песчаных формах: учеб. пособие / Ю.И. Карпов, Л.Ю Карпова; Волгоград, 2008. 74 с.
7. Кипнис Л.С., Исаулов А.З., Исаи Д.К. Проектирование литейных цехов. Учебное пособие. Караганда: КарГТУ, 2003, 83 с.
8. Основы гибкого автоматизированного производства / А.А. Пономарёв, Б.П. Благодоров, Д.И. Ртищев, С.А. Рыбин 1-е издание. М.: МГТУ «МAMI», 2010. - 39с.
9. Баранов В.Н., Саначева Г.С., Падалка В.А. Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов, Красноярск 2008, 222 с.
10. Левшин Г.Е. Проектирование литейных цехов.: АлтГТУ, Барнаул, 2003, 98 с.
11. Туманський Б.Ф. Проектування ливарних цехів. – К.: НМКВО, 1992. – 188с.

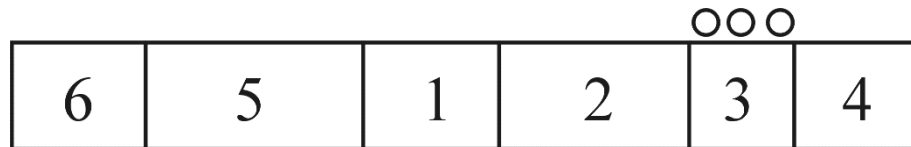
## Додаток А

Схеми компоновання ливарних цехів чорних металів

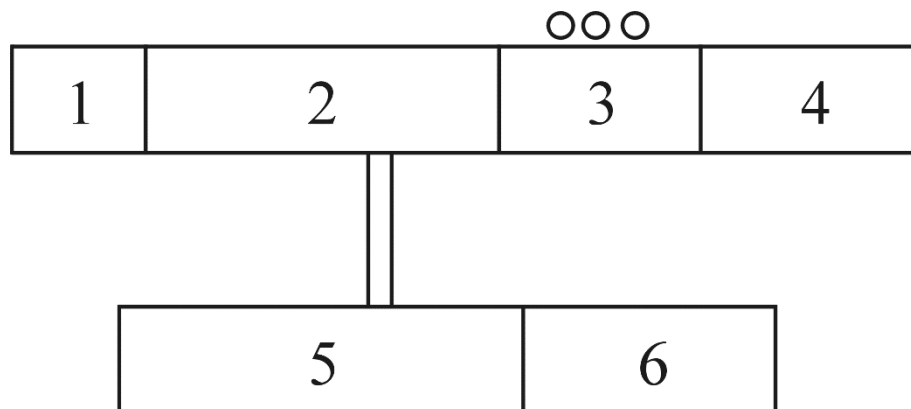


1 – плавильне відділення і склад шихтових та формувальних матеріалів, 2 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення, 3 – сумішо-приготувальне відділення, 4 – стрижневе відділення, 5 – відділення фінішних операцій, 6 – склад готової продукції.

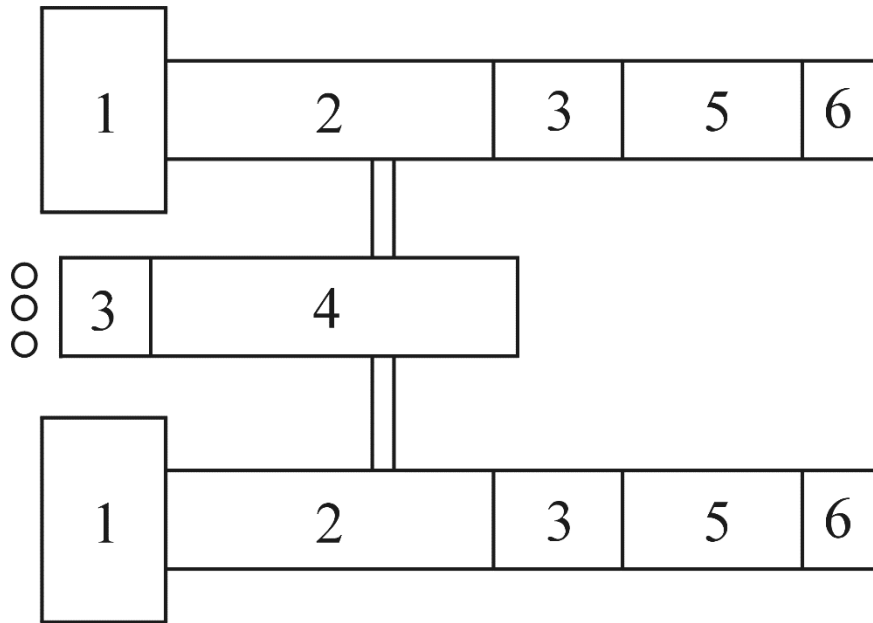
– цех розташований в одній будівлі шириною до 96 м. Стале- та чавуно-ливарні цехи будь-якого призначення. Недолік – велика довжина будівлі.



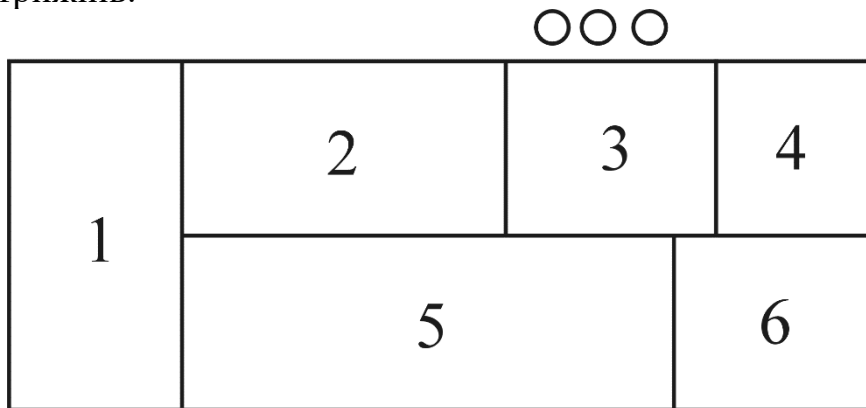
– відділення фінішних операцій розмішують за складом шихти. Переваги: короткий вантажопотік повертання ливників на склад шихти, розміщення силосних місткостей безпосередньо біля сумішеприготувального відділення. Недолік: утруднене введення залізничних шляхів усередину будівлі цеху;



– відділення фінішних операцій розміщено в окремій будівлі. Застосовують для масового виробництва або при великому обсязі термічних робіт для цехів сталеливарних та ковкого чавуну;



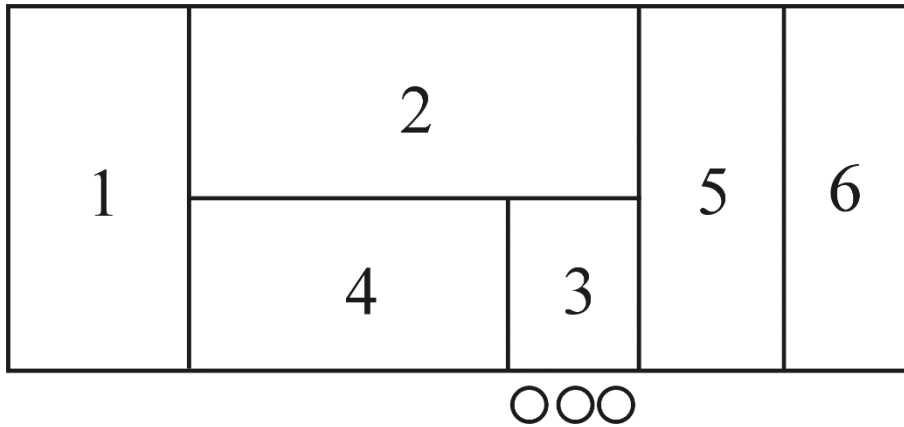
– розташоване окремо стрижневе відділення обслуговує два однотипних ливарних цехи. Усі будівлі мають ширину менше 96 м. Недолік – довгі вантажопотоки стрижнів.



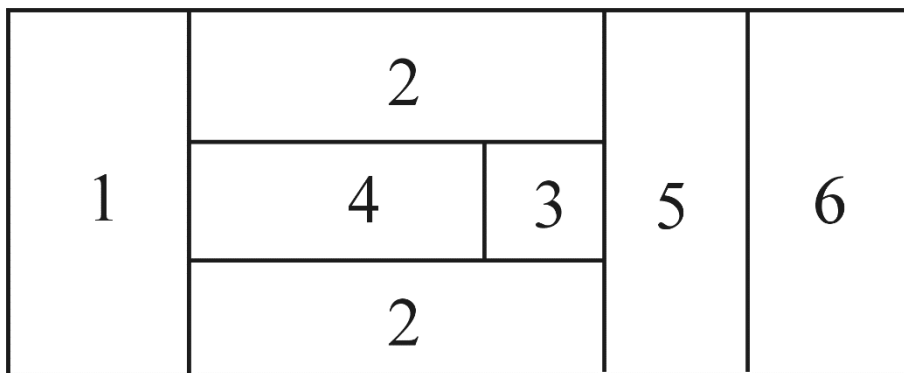
– цехи масового виробництва великої потужності при великому об’ємі фінішних операцій. Вимагають штучного опалення та вентиляції.



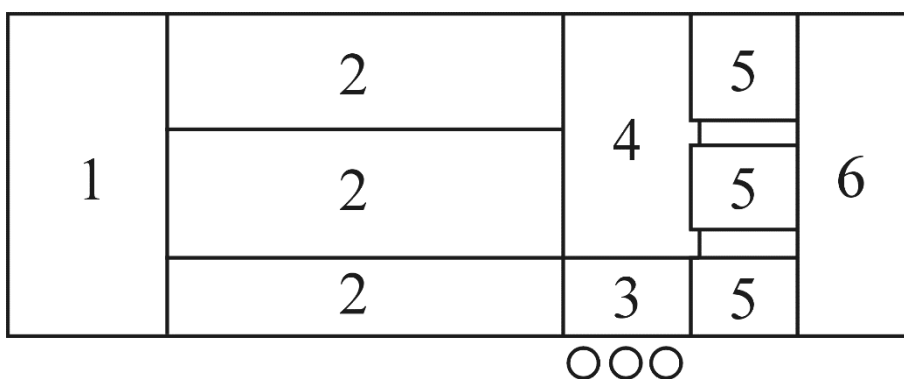
– мінімальна довжина цеху при великій ширині. Рекомендують для цехів середньої потужності дрібносерійного та одиничного виробництв. Цех потребує штучного опалення та вентиляції.



– цехи малої потужності дрібносерійного виробництва. Ширина будівлі 48 м. Зручне транспортування стрижнів та складання форм.



– цехи великосерійного і масового виробництв дрібних та середніх виливків. Зручне розташування стрижневого відділення. Ширина будівлі до 96 м.



– цех для широкої номенклатури середніх та великих виливків. Центральне сумішоприготувальне відділення розміщене у спеціальній прибудові. Дві вставки використовуються для розміщення транспортного та допоміжного устаткування.

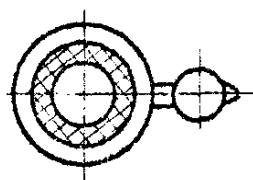
## Додаток Б

### ПРИКЛАДИ ОФОРМЛЕННЯ ПЕРЕЛІКУ ПОСИЛАНЬ (ГОСТ 7.1-84)

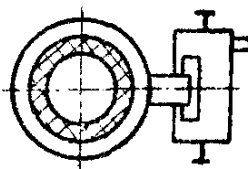
1. Книга одного або двох авторів:  
Дорошенко С.П., Ващенко К.І. Наливне формування. - Київ: Вища шк., 1980. - 176 с.
2. Книга трьох авторів:  
Курдюмов А.В. і інш. Ливарне виробництво чорних і рідких металів / А.В.Курдюмов, М.В.Пікунов, В.Н.Чурсін. - М.: Металургія, 1982. - 352 с.
3. Книга чотирьох і більше авторів:  
Виливки із чавуну з кулястим і вермикулярним графітом / Е.В.Захарченко, Ю.Н.Левченко, В.Г.Горенко, П.А.Вареник. - Київ: Наук.думка, 1986. - 248 с.
4. Довідник:  
Довідник по чавунному литву / Під ред. М.Г.Гиршовича. -3-є вид., перероб. і доп. - Л.: Машинобудування, 1978. - 758 с.
5. Стаття в збірнику при числі авторів до 3-х включно:  
Сьомик А.П., Степаненко О.В. Вплив формувальних сумішей на вміст газів у вилівках // Шляхи підвищення якості продукції ливарного виробництва. - Київ, 1981. - С. І42...І48.
6. Стаття в журналі при числі авторів до трьох включно:  
Дорошенко С.П. Вдосконалення технології виготовлення форм і стрижнів із РСС // Ливарне виробництво. - 1983. - № 3. С. 14...15.
7. Патентні документи:  
Спосіб модифікування чавуну. А.с. 603667 СРСР: МКІ G2ІС 1/00 / К.І.Ващенко, В.О.Косячков, П.П.Лузан; ВО полімерн.машинобуд. "Більшовик" (СРСР). - 2400370/22 № 02; Заявл. 23.05.76; Опубл. 24.12.76, Бюл. № 15. - С.18.
8. Державні стандарти:  
ДСТУ 3008-2018. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.

## Додаток В

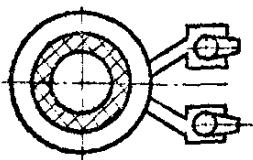
### Позначення ливарного устаткування на плані цеху



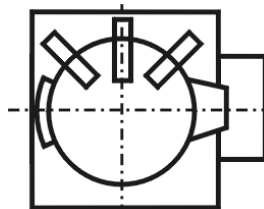
Вагранка із стаціонарним копильником



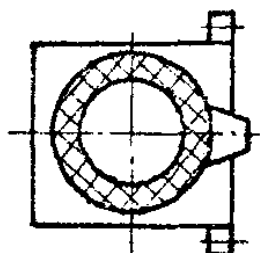
Вагранка із барабанним поворотним копильником



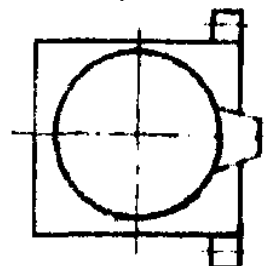
Вагранка, оснащена двома міксерами



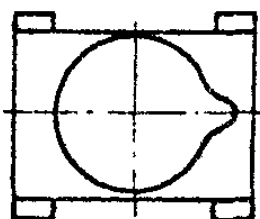
Дугова електропіч



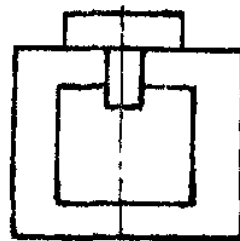
Індукційна тигельна піч



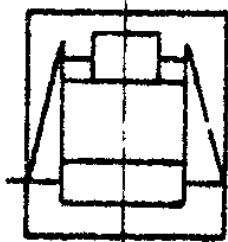
Індукційна канална піч



Чавуновозний ківш



Вібропресова формувальна машина



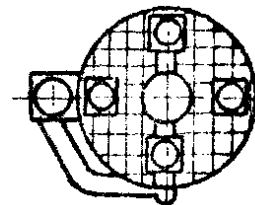
Струшувальна формувальна машина з поворотньо-витягвальним механізмом



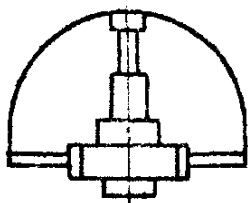
Струшувальна формувальна машина з допресуванням і протяжною рамкою



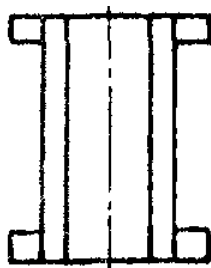
Струшувальна формувальна машина з допресуванням і перекидним столом



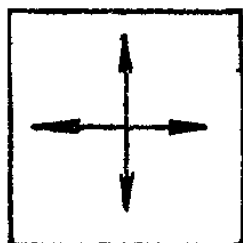
Стаціонарний піскомет



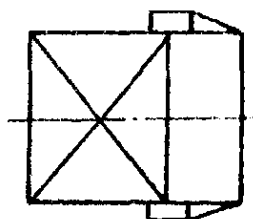
Пересувний консольний піс-комет



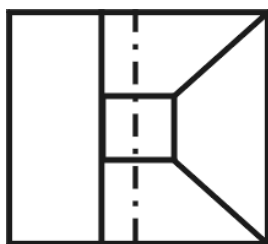
Мостовий піс-комет



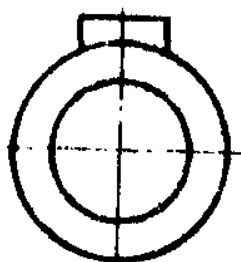
Вібраційний стіл



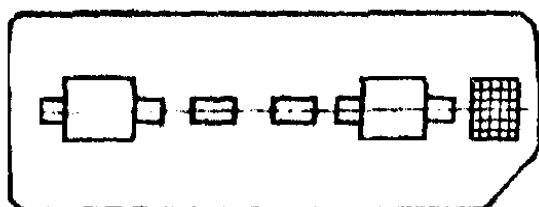
Стрижнева по-воротно-витаж-на машина



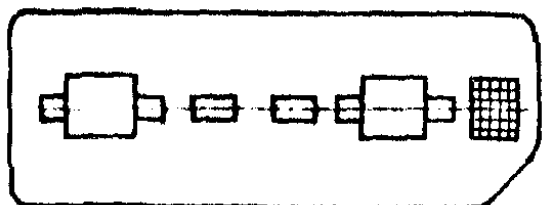
Стрижнева піс-кодувна ма-шина



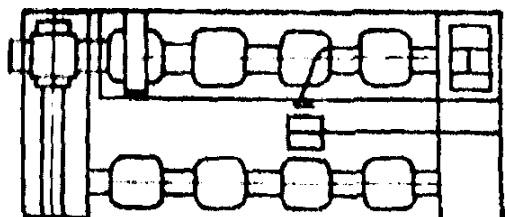
Стрижнева піс-кострільна ма-шина



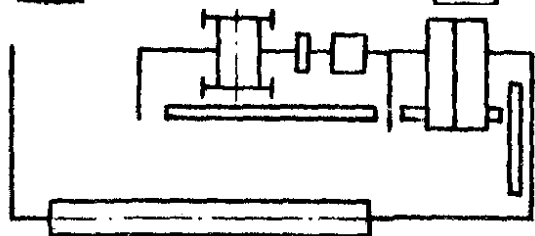
Автоматична формувальна лінія мод. АЛ91А271



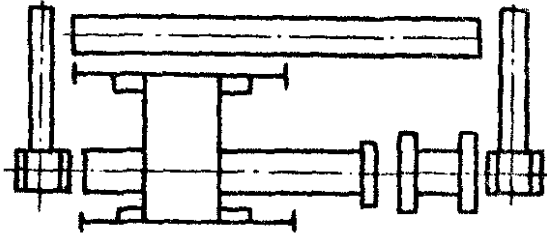
Автоматична лінія формування, збирання і вибивання форм мод. ЛН212



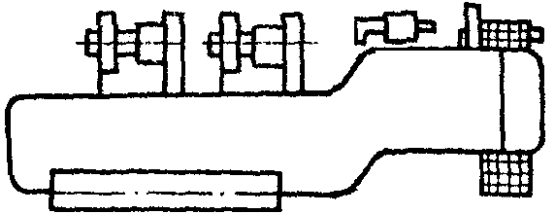
Механізована лінія пісcomedного формування мод. ЛН214



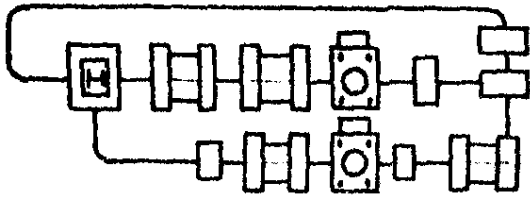
Механізована лінія пісcomedного формування мод. ЛН218



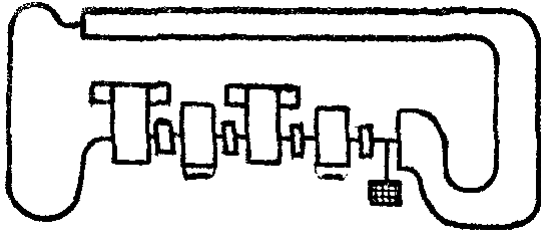
Механізована лінія піскометного формування мод. ЛН240



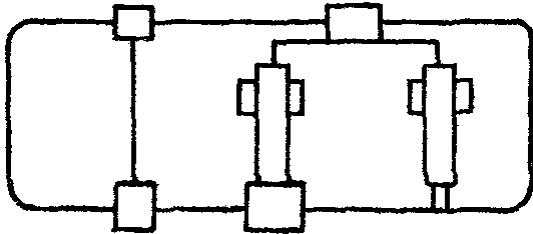
Автоматична блок-лінія формування і вибивання мод. АЗЛ92265



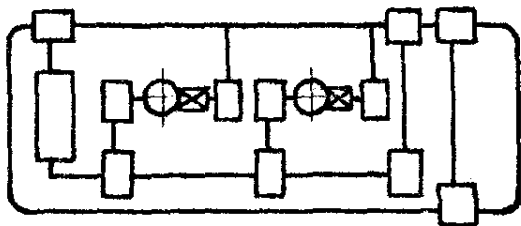
Автоматична пресова формувальна лінія НДІ Тракторсільгоспмаш мод. 5840



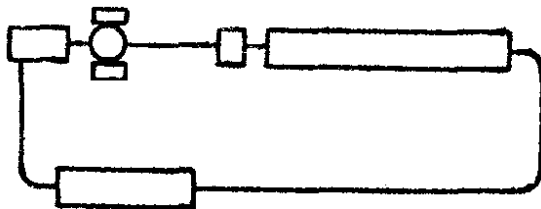
Автоматична пресова формувальна лінія НДІ Автопром мод. 7007



Автоматична лінія для виготовлення форм струшуванням і допресовуванням мод. KB-301

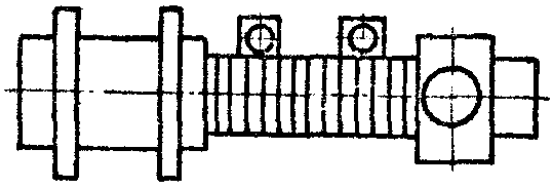


Автоматична лінія для виготовлення форм струшуванням і допресовуванням мод. 4Л22821

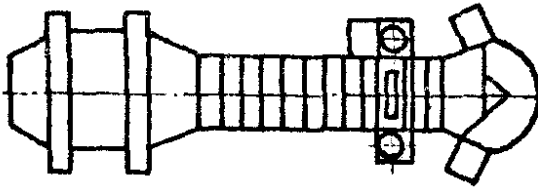


Автоматична лінія для виготовлення форм струшуванням і допресовуванням мод. 6Л22813

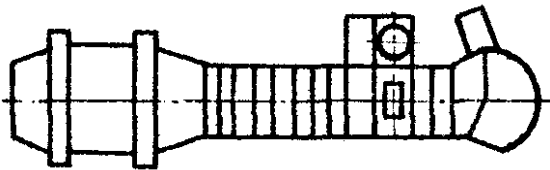




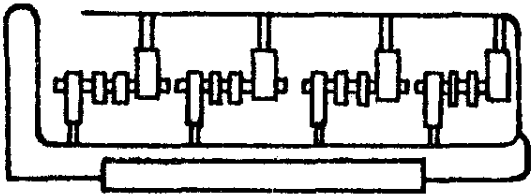
Автоматична піскодувно-пресова лінія горизонтального безококового формування мод. КЛ2002 і мод. АЛ213714



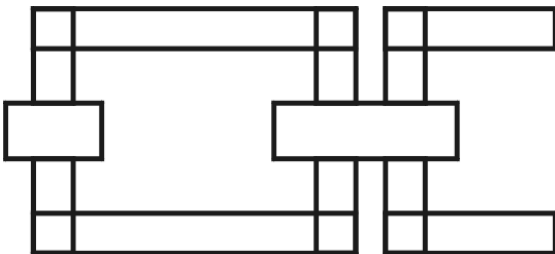
Автоматична піскодувно-пресова лінія парного формування мод. КЛ2002 і мод. АЛ283412



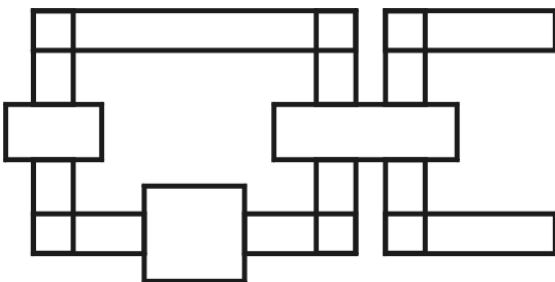
Автоматична піскодувно-пресова лінія вертикального безококового формування мод. АЛ28413



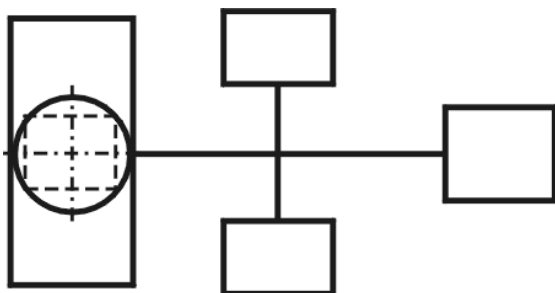
Автоматична формувальна блок-лінія мод. 8Л91265СМ



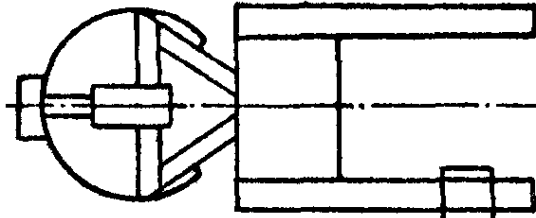
Стрижнева лінія для масового і великосерійного виробництва стрижнів



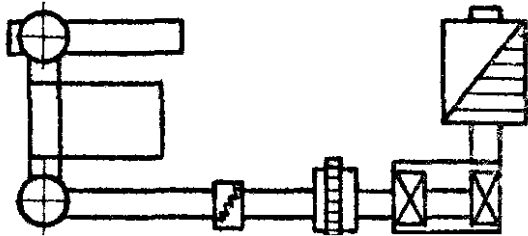
Стрижнева лінія для серійного і дрібносерійного виробництва стрижнів



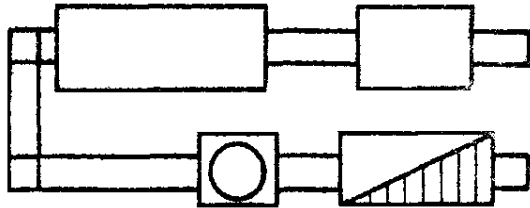
Стрижнева лінія для виготовлення оболонкових стрижнів



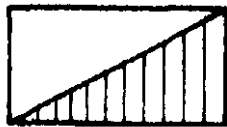
Лінія для виготовлення стрижнів із ХТС



Лінія для виготовлення стрижнів із РСС



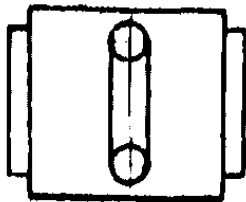
Лінія для виготовлення хімічно-твердних стрижнів



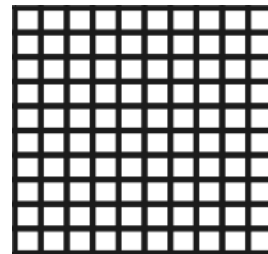
Сушарка тупо-кова



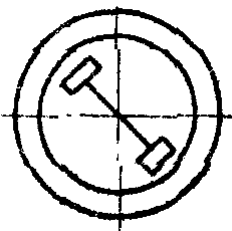
Сушарка прохідна



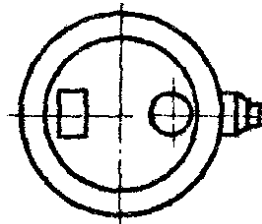
Сушарка вертикальна безперервної дії



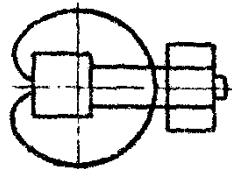
Вибивальна гратка



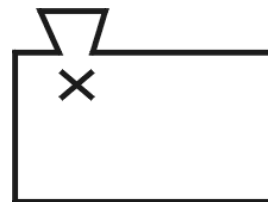
Змішувач котковий з горизонтальною віссю обертання котків



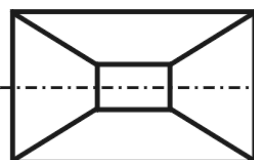
Змішувач котковий з вертикальною віссю обертання котків



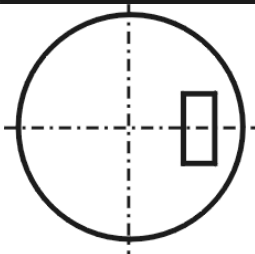
Установка для приготування РСС, ХТС, ПСС і ГТС



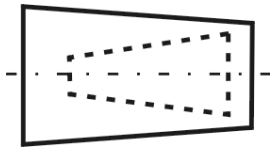
Аератор



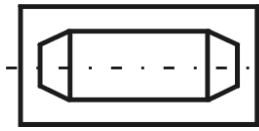
Бункер прямокутний



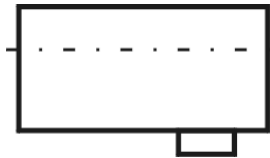
Бункер циліндричний



Полігональне сито



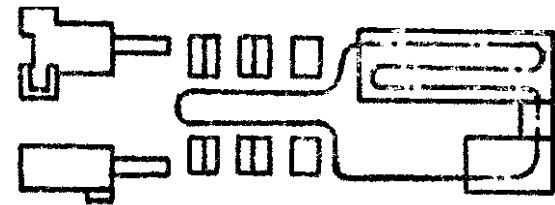
Галтувальний барабан безпервної дії



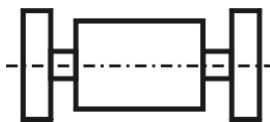
Дробометна камера



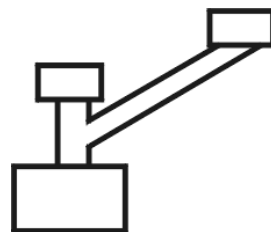
Гідрокамера



Лінія обробування, очищення і ґрунтування литва



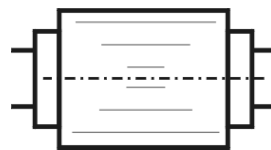
Обдирно-шліфувальний стаціонарний верстат



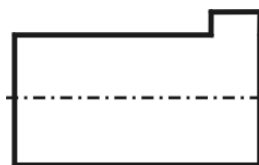
Підвісний заточувальний верстат



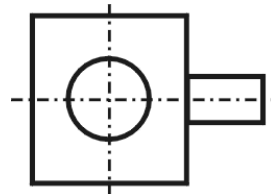
Камерна термічна піч



Термічна піч прохідного типу



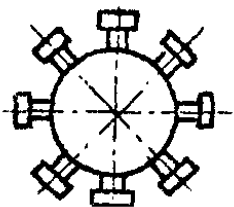
Мийна камера



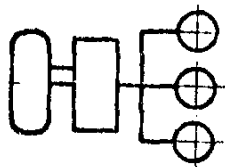
Фарбувальна камера



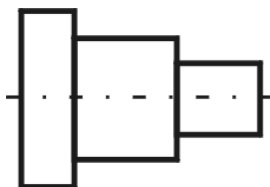
Установка для приготування моделі суміші



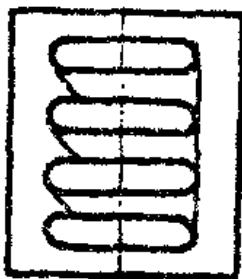
Карусельна машина для виготовлення модельних ланок



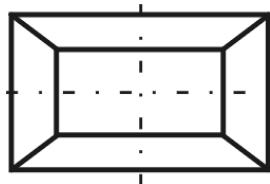
Установка для приготування суспензій



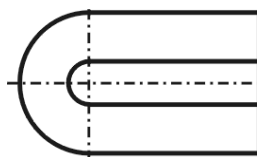
Установка для нанесення на модельний блок вогнетривкої суспензії



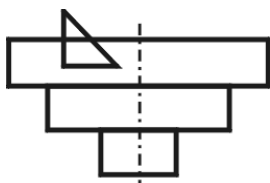
Камера повітряно-аміачного сушіння керамічних оболонок



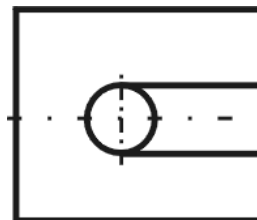
Установка для виплавлення із блоків модельної суміші



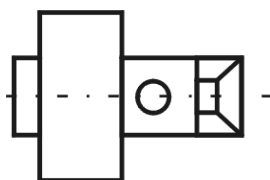
Установка для підготовки форм під заливання



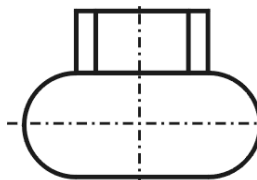
Установка для відокремлення кераміки від поверхні виливка



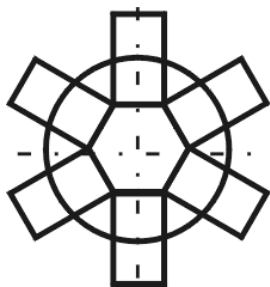
Гідравлічний прес для відокремлення виливків від ливникової системи



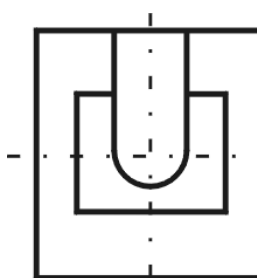
Установка для вилуговування виливків



Універсальний кокільний верстат



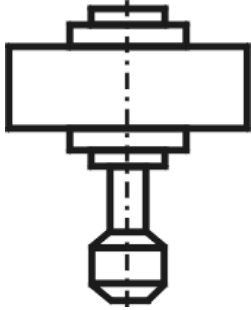
багатопозиційний кокільний верстат



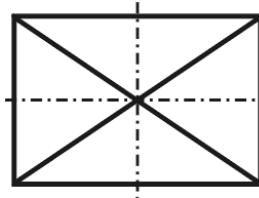
Прес для обробування виливків



Машина для лиття під тиском



Насос для забезпечення машини лиття під тиском робочою рідиною



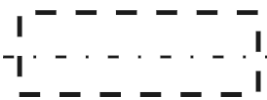
Елеватор



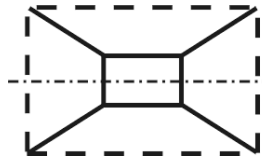
Рольганг



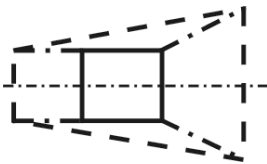
Пластинчастий конвейєр



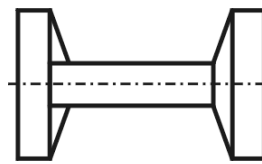
Стрічковий конвейєр



Кран мостовий



Кран консольний



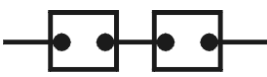
Однобалковий кран (кранбалка)



Монорейка з тельфером



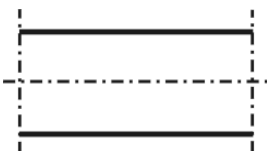
Траса підвісного адресного конвейєра



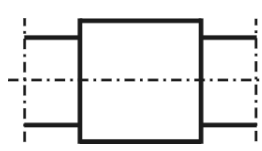
Підвісний конвейєр



пневмопідійомник



Залізнична колія



Механізований візок

## Додаток Д

### Позначення будівельних елементів на плані ливарного цеху



Дерев'яна обштукатурена перегородка



Цеглова перегородка



Залізобетонна перегородка



Скляна перегородка



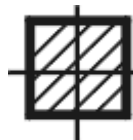
Сітчаста перегородка



Бар'єр



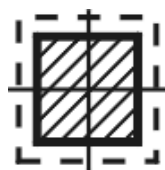
Звукоізолювальна перегородка



Цегляний стовп



Металеві колони



Залізобетонна колона і її фундамент



Вікно



Двері (ворота) одностулкові відкотні



Двері (ворота) шторні



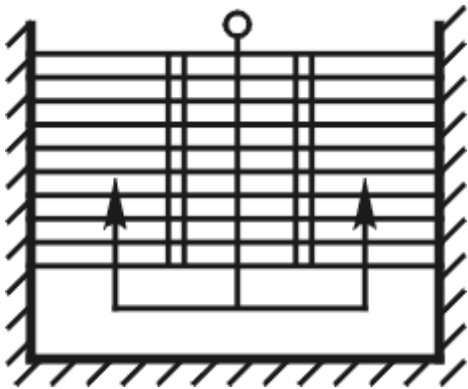
Двері (ворота) одноствулкові



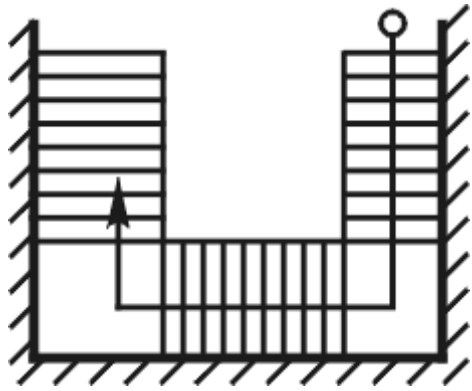
Двері (ворота) двостулкові



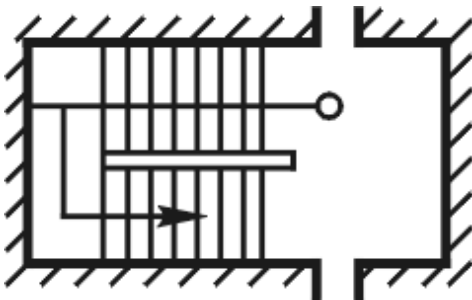
Двері (ворота) складчасті



Сходи одномаршеві



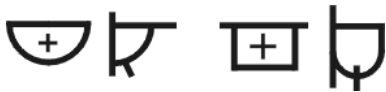
Сходи тримаршеві



Сходи двомаршеві



Люк



Умивальник



Унітаз



Сітка душова

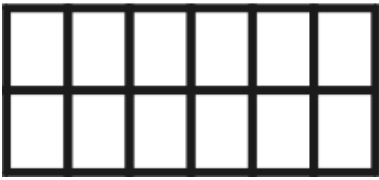


Автомат питної води



Кабіни душові, розташовані біля стіни і окремо





Шафи гардеробні



Калорифер