

Міністерство освіти і науки України  
Криворізький національний університет  
Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра металургії чорних металів  
і ливарного виробництва

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до випускної атестаційної роботи бакалавра  
зі спеціальності 136 – Металургія

на тему: Розробка проєкту чавуноливарного цеху потужністю 8000 тонн виливків  
на рік з розвісом лиття до 100 кг.

Виконав:  
студент групи МТ-23-2ск

Олександр БІЛИЙ

Керівник випускної роботи

Дар'я КАССИМ

Нормоконтролер

Дар'я КАССИМ

Т.в.о. завідувача кафедри

Дмитро БАБОШКО

Кривий Ріг

2026 р

# КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Факультет:** гірничо-металургійний

**Кафедра:** металургії чорних металів і ливарного виробництва

**Освітній рівень:** бакалавр

**Спеціальність:** 136 Металургія

Затверджую

т.в.о. зав. кафедрою

\_\_\_\_\_ Дмитро БАБОШКО

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

## ЗАВДАННЯ

**до випускної атестаційної роботи бакалавра**

БІЛИЙ ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ

Тема роботи: Розробка проєкту чавуноливарного цеху потужністю 8000 тонн  
виливків на рік з розвісом лиття до 100 кг.

керівник роботи: д.т.н., професор Кассім Д.О..

затверджено наказом по КНУ від «\_\_19\_\_» \_\_\_\_02\_\_\_\_ 2026 р. № 112с

2. Строк подання роботи студентом «\_\_25\_\_» \_\_\_\_05\_\_\_\_ 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

5. Перелік графічного матеріалу: презентація ( \_\_ стор. формату А4)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Номер етапу | Назва етапів виконання випускної кваліфікаційної роботи   | Термін виконання етапів |
|-------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1           | Розробка технології виготовлення вилівка “Ролик”.         | 6.04.26 - 16.04.26р.    |
| 2           | Розрахунки основних відділень цеху.                       | 17.04.26 - 10.05.26р..  |
| 3           | Виконання спеціальної частини роботи.                     | 10.05.26 - 15.05.26р..  |
| 4           | Виконання графічної частини роботи.                       | 15.05.26 - 25.05.26р.   |
| 5           | Підготовка пояснювальної записки роботи та презентації.   | 25.05.26 - 05.06.26р.   |
| 6           | Перевірка роботи на антиплагіат та підготовка до захисту. | 05.06.26 - 10.06.26р.   |
| 7           |                                                           |                         |
| 8           |                                                           |                         |

Дата видачі завдання «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Олександр БІЛИЙ

Керівник випускної кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Дар’я КАССІМ

| Формат    | Зона         | Поз.     | Позначення               | Назва                | Кіл.                             | Примітка                       |      |         |
|-----------|--------------|----------|--------------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------------|------|---------|
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          | <u>Документація</u>  |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
| A4        |              | 1        | КНУ.РБ.136.26.112с-01.ПЗ | Пояснювальна записка |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
| A4        |              | 2        | КНУ.РБ.136.26.112с-01.ПР | Презентація          |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.ВО         |                                |      |         |
|           |              |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
| Зм.       | Арк.         | № докум. | Підпис                   | Дата                 |                                  |                                |      |         |
| Розробив  | Білий О.Ю.   |          |                          |                      | ВІДОМІСТЬ<br>ОБ'ЄМУ<br>МАТЕРІАЛУ | Літ.                           | Арк. | Аркушів |
| Перевірів | Кассім Д.О.  |          |                          |                      |                                  |                                | 1    | 1       |
|           |              |          |                          |                      |                                  | Кафедра МЧМЛВ<br>гр. МТ-23-2ск |      |         |
| Н.контр.  | Кассім Д.О.  |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |
| Затверд.  | Бабошко Д.Ю. |          |                          |                      |                                  |                                |      |         |

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота викладена на 56 сторінках і містить 11 рисунків, 22 таблиці, 15 джерел літератури, графічну частину у вигляді креслень та презентації.

У роботі розглянуто питання організації та технології виробництва чавунних виливків у ливарному цеху серійного виробництва. Основна увага приділена організаційно-технічному обґрунтуванню технологічного процесу виготовлення виливків із сірого чавуну марки СЧ20, аналізу виробничої програми цеху, вибору обладнання, організації роботи основних та допоміжних дільниць, а також розрахунку потреби в матеріалах, сумішах та трудових ресурсах.

Об'єктом розробки є ливарний цех середнього лиття з річною програмою виробництва 8000 тонн придатного лиття.

У роботі проведено аналіз виробничої програми ливарного цеху, виконано розрахунок потреби у формувальних і стрижневих сумішах, визначено потребу в сировині та шихтових матеріалах для плавильного відділення, здійснено вибір та розрахунок технологічного обладнання. Розглянуто базовий і проектний варіанти технологічного процесу. Для проектного варіанта запропоновано використання сучасних середньочастотних тигельних печей OTTO JUNKER, що дозволяє знизити рівень браку, скоротити витрати матеріалів та підвищити ефективність виробництва.

У технологічній частині наведено характеристику матеріалу деталі – сірого чавуну СЧ20, описано технологічність конструкції виливка, обґрунтовано вибір способу формування, положення виливка у формі, призначення припусків та технологічних елементів.

|           |      |              |        |      |                         |           |      |         |
|-----------|------|--------------|--------|------|-------------------------|-----------|------|---------|
|           |      |              |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 Р |           |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата |                         |           |      |         |
| Розроб.   |      | Білий О.Ю.   |        |      | РЕФЕРАТ                 | Літ.      | Арк. | Акрушів |
| Перевір.  |      | Кассім Д.О.  |        |      |                         |           | 1    | 2       |
|           |      |              |        |      |                         |           |      |         |
| Н. Контр. |      | Кассім Д.О.  |        |      |                         |           |      |         |
| Затверд.  |      | Бабошко Д.Ю. |        |      |                         | МТ-23-2ск |      |         |

У роботі наведено характеристику основних відділень ливарного цеху: формувального, плавильного, стрижневого, сумішоприготувального та обрубно-очисного.

Виконано розрахунок чисельності основних і допоміжних працівників.

Бакалаврська робота містить: таблиць –15; рисунків – 1 , використаних джерел – згідно зі списком літератури;

Ключові слова: ЛИВАРНИЙ ЦЕХ, СІРИЙ ЧАВУН СЧ20, ФОРМУВАЛЬНА СУМІШ, СТРИЖНЕВА СУМІШ, ПЛАВИЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ, ФОРМУВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВИЛИВОК, ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 Р | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 2    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## ЗМІСТ

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                                        | 9  |
| 1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ | 11 |
| 1.1. Обґрунтування виробничої програми ливарного цеху                                        | 11 |
| 1.2. Опис об'єкта виробництва та можливих варіантів його виготовлення                        | 12 |
| 1.3. Організація та планування роботи дільниць ливарного цеху                                | 14 |
| 1.3.1. Формувальне відділення                                                                | 14 |
| 1.3.2. Плавильне відділення                                                                  | 15 |
| 1.3.3. Стрижневе відділення                                                                  | 17 |
| 1.3.4. Відділення приготування формувальних і стрижневих сумішей                             | 18 |
| 1.3.5. Відділення очищення та обрубкування виливків                                          | 21 |
| 1.4. Вибір і розрахунок технологічного обладнання                                            | 23 |
| 1.5. Розрахунок чисельності працюючих у ливарному цеху                                       | 25 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА                                                                      | 28 |
| 2.1. Характеристика матеріалу деталі                                                         | 28 |
| 2.2. Технологічність конструкції                                                             | 30 |
| 2.3. Вибір способу формування                                                                | 31 |
| 2.4. Вибір положення виливка                                                                 | 32 |
| 2.5. Припуски на механічну обробку та технологічні припуски                                  | 33 |
| 2.6. Вибір стрижнів.                                                                         | 35 |
| 2.7. Формувальні ухили                                                                       | 36 |
| 2.8. Випуски                                                                                 | 36 |

|           |      |              |        |      |                         |           |      |         |
|-----------|------|--------------|--------|------|-------------------------|-----------|------|---------|
|           |      |              |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 З |           |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата |                         |           |      |         |
| Розроб.   |      | Білий О.Ю.   |        |      | ЗМІСТ                   | Літ.      | Арк. | Акрушів |
| Перевір.  |      | Кассім Д.О.  |        |      |                         |           | 1    | 2       |
|           |      |              |        |      |                         | МТ-23-2ск |      |         |
| Н. Контр. |      | Кассім Д.О.  |        |      |                         |           |      |         |
| Затверд.  |      | Бабошко Д.Ю. |        |      |                         |           |      |         |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 2.9. Конструкція та розрахунок ливарної систем | 37 |
| 3.ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМІШУВААНЯ СУМІШЕЙ            | 42 |
| ВИСНОВКИ                                       | 53 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ                     | 55 |

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 З | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 2    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



## ВСТУП

Ливарне виробництво є однією з базових галузей металургійної промисловості, що забезпечує виготовлення широкого спектра деталей і заготовок для машинобудування, гірничого обладнання, транспортної техніки та інших галузей промисловості. Сучасні умови розвитку виробництва вимагають постійного підвищення якості виливків, зниження собівартості продукції, економного використання матеріальних ресурсів та впровадження енергоефективного обладнання.

Особливе місце в ливарному виробництві займає виготовлення виливків із сірого чавуну, який завдяки високим ливарним властивостям, добрій оброблюваності різанням, достатній міцності та відносно низькій вартості широко застосовується для виробництва корпусних деталей, шківів, кришок, фланців та інших виробів машинобудівного призначення.

Актуальність даної роботи обумовлена необхідністю проєктування сучасного чавуноливарного цеху потужністю 8000 тонн придатних виливків на рік з розвісом лиття до 100 кг, який забезпечуватиме стабільне виробництво якісної продукції при раціональному використанні сировини, енергетичних ресурсів і виробничих площ. Важливим напрямом удосконалення виробництва є впровадження сучасного плавильного обладнання, автоматизація окремих технологічних процесів та оптимізація роботи основних і допоміжних відділень цеху.

|           |      |              |        |      |                         |  |           |      |
|-----------|------|--------------|--------|------|-------------------------|--|-----------|------|
|           |      |              |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 В |  |           |      |
| Змн.      | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата |                         |  |           |      |
| Розроб.   |      | Білий О.Ю.   |        |      | ВСТУП                   |  | Літ.      | Арк. |
| Перевір.  |      | Кассім Д.О.  |        |      |                         |  | 1         | 2    |
|           |      |              |        |      |                         |  | МТ-23-2ск |      |
| Н. Контр. |      | Кассім Д.О.  |        |      |                         |  |           |      |
| Затверд.  |      | Бабошко Д.Ю. |        |      |                         |  |           |      |

Метою випускної атестаційної роботи є розробка проєкту чавуноливарного цеху з річною програмою виробництва 8000 тонн виливків із сірого чавуну СЧ20, а також обґрунтування вибору технологічних рішень, обладнання та організації виробництва.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі завдання: аналіз виробничої програми цеху; розробка технології виготовлення виливків; розрахунок потреби в сировинних матеріалах, формувальних і стрижневих сумішах; вибір та розрахунок технологічного

обладнання; визначення чисельності виробничого персоналу; оцінка ефективності впровадження сучасних плавильних агрегатів та удосконалених технологічних рішень.

Об'єктом дослідження є чавуноливарний цех серійного виробництва середнього лиття. Предметом дослідження виступають технологічні процеси виготовлення чавунних виливків, організація роботи виробничих ділянок та вибір сучасного технологічного обладнання.

Практичне значення роботи полягає у розробці комплексу технічних та організаційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи ливарного виробництва, зниження рівня браку, покращення якості готових виливків та забезпечення конкурентоспроможності продукції.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 В | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 2    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

# 1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ

## 1.1 Обґрунтування виробничої програми ливарного цеху

Річна виробнича програма ливарного цеху є основним директивним документом для планування та організації роботи всіх його відділень (ділянок). Розрахунок річної виробничої програми представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Річна виробнича програма ливарного цеху.

| №      | Найменування виливки | Марка сплаву | Річний випуск, шт. | Маса виливки, кг | Річний випуск, тонн |
|--------|----------------------|--------------|--------------------|------------------|---------------------|
| 1      | Корпус               | СЧ-20        | 9000               | 21               | 189                 |
| 2      | Корпус               | СЧ-20        | 11000              | 60               | 660                 |
| 3      | Фланець              | СЧ-20        | 9000               | 6,3              | 57                  |
| 4      | Кришка               | СЧ-20        | 11000              | 35               | 385                 |
| 5      | Кришка               | СЧ-20        | 8000               | 26               | 208                 |
| 6      | Корпус               | СЧ-20        | 10000              | 35               | 350                 |
| 7      | Шків                 | СЧ-20        | 9000               | 65               | 585                 |
| 8      | Корпус               | СЧ-20        | 10000              | 25               | 250                 |
| 9      | Кришка               | СЧ-20        | 11000              | 50               | 550                 |
| 10     | Корпус               | СЧ-20        | 9000               | 49               | 441                 |
| 11     | Склянка              | СЧ-20        | 10000              | 33               | 330                 |
| 12     | Фланець              | СЧ-20        | 9000               | 63               | 567                 |
| 13     | Колесо               | СЧ-20        | 10000              | 22               | 220                 |
| 14     | Склянка              | СЧ-20        | 11000              | 71               | 781                 |
| 15     | Корпус               | СЧ-20        | 9000               | 45               | 405                 |
| 16     | Ролик                | СЧ-20        | 10000              | 14,6             | 146                 |
| 17     | Корпус               | СЧ-20        | 8000               | 41               | 328                 |
| 18     | Маточина             | СЧ-20        | 11000              | 16               | 176                 |
| 19     | Шків                 | СЧ-20        | 9000               | 23               | 207                 |
| 20     | Шків                 | СЧ-20        | 10000              | 32               | 320                 |
| 21     | Кришка               | СЧ-20        | 9000               | 34               | 306                 |
| 22     | Шків                 | СЧ-20        | 9000               | 34,5             | 311                 |
| 23     | Корпус               | СЧ-20        | 11000              | 20               | 220                 |
| РАЗОМ: |                      |              |                    |                  | 8000                |

|           |      |              |        |      |                                                                                                       |  |  |  |           |      |         |    |  |
|-----------|------|--------------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|-----------|------|---------|----|--|
|           |      |              |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.01 ОТБ                                                                          |  |  |  |           |      |         |    |  |
| Змн.      | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата | ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ<br>ОБґРУНТУВАННЯ<br>ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ<br>ВИРОБНИЦТВА ЧАВУННИХ<br>ВИЛИВКІВ |  |  |  | Літ.      | Арк. | Акрушів |    |  |
| Розроб.   |      | Білий О.Ю.   |        |      |                                                                                                       |  |  |  |           |      | 1       | 17 |  |
| Перевір.  |      | Кассім Д.О.  |        |      |                                                                                                       |  |  |  | МТ-23-2ск |      |         |    |  |
|           |      |              |        |      |                                                                                                       |  |  |  |           |      |         |    |  |
| Н. Контр. |      | Кассім Д.О.  |        |      |                                                                                                       |  |  |  |           |      |         |    |  |
| Затверд.  |      | Бабошко Д.Ю. |        |      |                                                                                                       |  |  |  |           |      |         |    |  |

## 1.2 Опис об'єкта виробництва та можливих варіантів його виготовлення

У роботі розглядається виливок «Ролик» КВС-1-0130103, який виготовляється з сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85. Вага виливка становить 14,6 кг.

Модель і форма виливка «Ролик» має одну площину роз'єму. У порожнині форми розміщений один стрижень, що представляє собою нескладне геометричне тіло, а саме тіло обертання. Порожнина виливки має нескладну конфігурацію з можливістю виведення знакових частин стрижня, що забезпечує досить стійке кріплення його у формі, а також через ці знаки проводиться виведення газів, що утворюються в стрижні при заливці форми розплавом. Видалення стрижня з виливки і обробка проводяться через ці ж отвори.

Поверхня виливка має плавні переходи від тонких перерізів до перерізів більшої товщини, що дає можливість спрощення формування моделі і виготовлення її без обриву форми, а також виключити появу усадочних раковин, пористості і тріщин. Товщина і форма стінок виливка сприяє спокійному заповненню форми сплавом. Залежно від вимог, що пред'являються до поверхонь, на деяких з них призначена механічна обробка, а ухили призначаються зі збільшенням розмірів виливка.

Зовнішні і внутрішні поверхні прямолінійні і криволінійні з наявністю конструктивних елементів: болванів і поглиблень порівняно простої конфігурації.

Точність виливка 9-0-0-9 ГОСТ 26645-85,

Напівформи та їх складання виконується на формувальній машині «Мультиматик-40.5». Плавильним агрегатом для отримання рідкого металу є індукційно-тигельна піч для плавки чавуну ІЧТ-31/7 шт. з продуктивністю 2,0 т/год з масою завантаження 8 тонн.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.01 ОТБ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 2    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

**Таблиця 1.2 Варіанти технологічних процесів виготовлення виливків даної номенклатури**

| Найменування операції технологічного процесу | Марка обладнання                                                                                                                                        | Коротка характеристика операції                        |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Базовий технологічний процес</b>          |                                                                                                                                                         |                                                        |
| Ділянка підготовки шихти                     | Кран з магнітною шайбою Ваговий візок                                                                                                                   | Очищення та просушування шихти                         |
| Плавильна ділянка                            | Індукційно-тигельна піч ІЧТ-31/7-3<br>Ковш Q=5т Мостовий кран Q =10                                                                                     | Відбувається плавка сплаву                             |
| Ділянка приготування суміші                  | Сито інерційне мод. 13516-2 шт. Аератор мод. 16136-2 шт. Залізовіддільник мод. ПС-120-3 шт. Бігуни змішувальні моделі 15104-3 Змішувач безперервної дії | Приготування формувальної та стрижневої суміші         |
| Формувальна ділянка                          | АФЛ «Мультиматик-40-5» Установа стрижнів                                                                                                                | Формувальна суміш заформовується в зібрану форму       |
| Стрижнева ділянка                            | Система ливарна мод. 19641 Стрижневі машини мод. 2Б83-5 шт., 23225А1А-2 шт., 323А21А-2 шт., 4509С-1 шт. Бігуни змішувальні, мод 15104-3 шт.             | Простановка стрижнів у форми                           |
| Ділянка заливки                              | Ковш Q=5т Мостовий кран Q =10т                                                                                                                          | Рідкий метал заповнює форму                            |
| Ділянка вибивання                            | Вибивна решітка ІР-120 АФЛ «Мультиматик-40-5»                                                                                                           | Після охолодження вилівка виймається з форми           |
| Термообрубна ділянка                         | Барaban очисний дробометний мод. 42233 Камера СН-12                                                                                                     | Видаляється литвева система, очищення поверхні вилівка |
| Ділянка фарбування виливки                   | Фарбувальний конвеєр Камера занурення Камера розпилення                                                                                                 | Фарбування готового лиття                              |
| <b>Проектований технологічний процес</b>     |                                                                                                                                                         |                                                        |
| Ділянка підготовки шихти                     | Кран з магнітною шайбою Ваговий візок                                                                                                                   | Очищення та просушування шихти                         |
| Плавильна ділянка                            | Встановлення середньочастотних тигельних печей ОТТО JUNKER-1 шт. Ківш Q=5т Мостовий кран Q =10                                                          | Відбувається плавка сплаву                             |
| Формовочна ділянка                           | АФЛ «Мультиматик-40-5» Установа стрижнів                                                                                                                | Формувальна суміш заформовується в зібрану форму       |
| Ділянка приготування суміші                  | Сито інерційне мод. 13516-2 шт. Аератор мод. 16136-2 шт. Залізовіддільник мод. ПС-120-3 шт. Бігуни змішувальні моделі 15104-3 Змішувач безперервної дії | Приготування формувальної та стрижневої суміші         |
| Стрижнева ділянка                            | Система ливарна мод. 19641 Стрижневі машини мод. 2Б83-5 шт., 23225А1А-2 шт., 323А21А-2 шт., 4509С-1 шт. Бігуни змішувальні, мод 15104-3 шт.             | Простановка стрижнів у форми                           |
| Ділянка заливки                              | Ківш Q=5т Мостовий кран Q =10т                                                                                                                          | Рідкий метал заповнює форму                            |
| Ділянка вибивання                            | Вибивна решітка ІР-120 АФЛ «Мультиматик-40-5»                                                                                                           | Після охолодження вилівка виймається з форми           |
| Термообрубна ділянка                         | Барaban очисний дробометний мод. 42233 Камера СН-12                                                                                                     | Видаляється литвева система, очищення поверхні вилівка |
| Ділянка фарбування виливки                   | Фарбувальний конвеєр Камера занурення Камера розпилення                                                                                                 | Фарбування готових виливків                            |

Виходячи з результатів дослідження технологічного процесу виготовлення даного виливка, вибираються можливі варіанти технологічного процесу виготовлення виливків.

### **1.3 Організація та планування роботи діляниць ливарного цеху**

Проектований ливарний цех середнього лиття складається з плавильно-заливного відділення, складу шихти і готової продукції, формувального відділення, стрижневого відділення і змішувального відділення, ділянки обрубки, відділення формування, відділення з очищення виливків, служб механіка, енергетика, сантехніка, а також ділянки ґрунтування лиття. Всі відділення пов'язані між собою різними транспортними лініями і шляхами.

#### **1.3.1 Формувальне відділення**

Формувальне відділення ливарного цеху є провідною ділянкою з виробництва виливків, потужність і показники роботи якого приймаються за базові при встановленні виробничих завдань ливарному цеху.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.01 ОТБ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 4    |

Таблиця 1.3 Відомість формувального відділення

| №     | Найменування виливка                | Кількість виливків на програму, шт. | Маса виливка, кг. | Кількість виливків у формі, шт. | Кількість форм на програму, шт. |
|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1     | Корпус                              | 9000                                | 21                | 4                               | 2250                            |
| 2     | Корпус                              | 11000                               | 60                | 2                               | 5500                            |
| 3     | Фланець                             | 9000                                | 6,3               | 6                               | 1500                            |
| 4     | Кришка                              | 11000                               | 35                | 2                               | 5500                            |
| 5     | Кришка                              | 8000                                | 26                | 1                               | 8000                            |
| 6     | Корпус                              | 10000                               | 35                | 2                               | 5000                            |
| 7     | Шків                                | 9000                                | 65                | 2                               | 4500                            |
| 8     | Корпус                              | 10000                               | 25                | 4                               | 2500                            |
| 9     | Кришка                              | 11000                               | 50                | 2                               | 5500                            |
| 10    | Корпус                              | 9000                                | 49                | 2                               | 4500                            |
| 11    | Склянка                             | 10000                               | 33                | 2                               | 5000                            |
| 12    | Фланець                             | 9000                                | 63                | 1                               | 9000                            |
| 13    | Колесо                              | 10000                               | 22                | 4                               | 2500                            |
| 14    | Склянка                             | 11000                               | 71                | 1                               | 11000                           |
| 15    | Корпус                              | 9000                                | 45                | 2                               | 4500                            |
| 16    | Ролик                               | 10000                               | 14,6              | 4                               | 2500                            |
| 17    | Корпус                              | 8000                                | 41                | 2                               | 4000                            |
| 18    | Маточина                            | 11000                               | 16                | 4                               | 2750                            |
| 19    | Шків                                | 9000                                | 23                | 2                               | 4500                            |
| 20    | Шків                                | 10000                               | 32                | 2                               | 5000                            |
| 21    | Кришка                              | 9000                                | 34                | 2                               | 4500                            |
| 22    | Шків                                | 9000                                | 34,5              | 2                               | 4500                            |
| 23    | Корпус                              | 11000                               | 20                | 4                               | 2750                            |
| РАЗОМ | Кількість форм без урахування браку |                                     |                   |                                 | 107250                          |
|       | Плановані втрати по браку (4)%      |                                     |                   |                                 | 429                             |
|       | Всього                              |                                     |                   |                                 | 111540                          |

### 1.3.2 Плавильне відділення

Плавильне відділення ливарного цеху забезпечує рідким металом роботу заливного відділення. Організація роботи плавильного відділення передбачає розробку повного комплексу технологічних операцій від встановлення хімічного складу сплаву, способу виплавки рідкого металу до розливу його у форми. Розрахунок потреби в матеріалах для плавильного відділення здійснюється на підставі річного плану виробництва виливків, планового завдання співвідношення виходу придатних виливків, ливників, надливів, втрат угару, браку, безповоротних втрат зі структурою металозавалки за окремими вихідними матеріалами.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.01 ОТБ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 5    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Основним плановим документом є структурний баланс рідкого металу по плавильному відділенню ливарного цеху, який представлений нижче.

Таблиця 1.4. Структурний баланс рідкого металу для СЧ-20 (базового варіанту)

| №     | Структурні елементи шихти          | Розрахунок на 1 тону |         | На річну програму |         |
|-------|------------------------------------|----------------------|---------|-------------------|---------|
|       |                                    | %                    | кг      | %                 | т       |
| 1     | Вихід придатного лиття             | 61                   | 1000    | 61                | 8000    |
| 2     | Система подачі рідини              | 27,6                 | 452,46  | 27,6              | 3619,67 |
| 3     | Брак                               | 6                    | 98,36   | 6                 | 786,88  |
| 4     | Безповоротні втрати та випалювання | 5,4                  | 88,52   | 5                 | 708,2   |
| РАЗОМ |                                    | 100                  | 1639,34 | 100               | 13114,7 |

Таблиця 1.5. Структурний баланс рідкого металу для СЧ-20 (проектного варіанту)

| №     | Структурні елементи шихти            | Розрахунок на 1 тону |         | На річну програму |          |
|-------|--------------------------------------|----------------------|---------|-------------------|----------|
|       |                                      | %                    | кг      | %                 | т        |
| 1     | Вихід придатного лиття               | 63                   | 1000    | 63                | 8000     |
| 2     | Система подачі рідини                | 27,6                 | 438,09  | 27,6              | 3504,72  |
| 3     | Брак                                 | 4                    | 63,49   | 4                 | 507,92   |
| 4     | Безповоротні втрати та випаровування | 5,4                  | 85,71   | 5                 | 685,68   |
| РАЗОМ |                                      | 100                  | 1587,29 | 100               | 12698,32 |

На підставі структурного балансу рідкого металу розробляється планова потреба в сировині та матеріалах для плавильного відділення, для проектного та базового варіантів, які представлені в таблицях 1.5 та 1.6.

Таблиця 1.6 Потреба в матеріалах та сировині

| Найменування та ГОСТи матеріалів | Норми витрати на 1 тону придатного |         | Норми витрати на річну програму |         |
|----------------------------------|------------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
|                                  | %                                  | кг      | %                               | т       |
| Брухт сталевий 1А 2787-75        | 29,1                               | 477,04  | 29,1                            | 3816,4  |
| Брухт чавунний 17А 2787-75       | 3                                  | 49,18   | 3                               | 393,4   |
| Брикети з чавунної стружки 23А   | 15,06                              | 246,88  | 15,06                           | 1975,07 |
| Повернення власного виробництва  | 32                                 | 539,3   | 32                              | 4314,7  |
| Феросиліцій FeSi75Al 1-4         | 3,33                               | 54,58   | 3,3                             | 436,7   |
| Феромарганець ФМН-78Р2-4         | 0,6                                | 9,83    | 0,6                             | 78,68   |
| Чавун переробний                 | 14,3                               | 234,4   | 14,3                            | 1875,4  |
| Графіт гранул. ГРАН-99           | 1,7                                | 27,86   | 1,7                             | 222,9   |
| <b>Металозавалка</b>             | 100                                | 1639,34 | 100                             | 13114,7 |
| Понад 100                        |                                    |         |                                 |         |
| Графіт подрібнений сорт 1        | 0,11                               | 1,76    | 0,11                            | 14,08   |
| Комплексний модифікатор ФСМГ-7   | 0,22                               | 3,52    | 0,22                            | 28,16   |
| Феросиліцій FeSi75Al 1-4         | 0,22                               | 3,52    | 0,22                            | 28,16   |
| РАЗОМ                            | 0,55                               | 8,8     | 0,55                            | 70,4    |



### 1.3.3 Стрижневе відділення

Організація роботи стрижневого відділення і вибір методу виготовлення стрижнів залежить в основному від характеру лиття.

Стрижневі суміші, як правило, знаходяться в більш важких умовах, ніж формувальні, так як вся поверхня стрижнів стикається з рідким металом і відчуває високу температуру і тиск. У них містяться компоненти більш високої вартості, і тому вони дорожчі за формувальні суміші.

Для визначення необхідної кількості стрижнів на річну програму складається відомість завантаження стрижневого відділення.

Стрижневі відділення розташовують у прольотах будівель ливарних цехів. Для даної номенклатури виливків стрижні виготовляються з холоднотвердіючих сумішей (ХТС). Стрижні відрізняються високою міцністю і точністю, легко видаляються з виливків при вибиванні форм.

Виробниче завдання по стрижневому відділенню представлено в таблиці 1.7.

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.01 ОТБ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Таблиця 1.7 Відомість стрижньового відділення

| Найменування виливка | № стрижня                               | Маса стрижня, кг. | Кількість стрижнів на виливок, шт. | Кількість гнізд у стрижневої ящику | Кількість виливків на програму, шт. | Кількість стрижнів на програму, шт. | Маса стрижневої суміші на річну програму, тн |
|----------------------|-----------------------------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Корпус               | 1                                       | 0,5               | 1                                  | 1                                  | 9000                                | 9000                                | 4,5                                          |
| Корпус               | 1                                       | 2,2               | 1                                  | 1                                  | 11000                               | 11000                               | 24,2                                         |
| Фланець              | 1                                       | 0,3               | 1                                  | 1                                  | 9000                                | 9000                                | 2,7                                          |
| Кришка               | 1                                       | 1,3               | 1                                  | 1                                  | 11000                               | 11000                               | 14,3                                         |
| Кришка               | 1                                       | 2,1               | 1                                  | 1                                  | 8000                                | 8000                                | 16,8                                         |
| Корпус               | 1                                       | 1,2               | 1                                  | 1                                  | 10000                               | 10000                               | 12                                           |
| Шків                 | 1                                       | 3.1               | 1                                  | 1                                  | 9000                                | 9000                                | 27,9                                         |
| Корпус               | 1                                       | 13                | 1                                  | 1                                  | 10000                               | 10000                               | 130                                          |
| Кришка               | 1                                       | 3.1               | 1                                  | 1                                  | 11000                               | 11000                               | 34,1                                         |
| Корпус               | 1                                       | 2,7               | 1                                  | 1                                  | 9000                                | 9000                                | 24,3                                         |
| Склянка              | 1                                       | 1,1               | 1                                  | 1                                  | 10000                               | 10000                               | 11                                           |
| Фланець              | 1                                       | 0,8               | 3                                  | 1                                  | 9000                                | 27000                               | 21,6                                         |
| Колесо               | 1                                       | 0,44              | 1                                  | 1                                  | 10000                               | 10000                               | 4,4                                          |
| Склянка              | 1                                       | 5,5               | 1                                  | 1                                  | 11000                               | 11000                               | 60,5                                         |
| Корпус               | 1                                       | 2,3               | 1                                  | 1                                  | 9000                                | 9000                                | 20,7                                         |
| Ролик                | 1                                       | 1,5               | 1                                  | 1                                  | 10000                               | 10000                               | 15                                           |
| Корпус               | 1                                       | 3.1               | 1                                  | 1                                  | 8000                                | 8000                                | 24,8                                         |
| Маточина             | 1                                       | 0,15              | 1                                  | 1                                  | 11000                               | 11000                               | 1,65                                         |
| Шків                 | 1                                       | 0,8               | 1                                  | 1                                  | 9000                                | 9000                                | 7,2                                          |
| Шків                 | 1                                       | 0,23              | 1                                  | 1                                  | 10000                               | 10000                               | 2,3                                          |
| Кришка               | 1                                       | 0,3               | 1                                  | 1                                  | 9000                                | 9000                                | 2,7                                          |
| Шків                 | 1                                       | 2,1               | 1                                  | 1                                  | 9000                                | 9000                                | 18,9                                         |
| Корпус               | 1                                       | 6,6               | 1                                  | 1                                  | 11000                               | 11000                               | 72,6                                         |
| РАЗОМ:               | Кількість стрижнів без урахування браку |                   |                                    |                                    |                                     | 241000                              |                                              |
|                      | Плановані втрати через брак (4%)        |                   |                                    |                                    |                                     | 964                                 |                                              |
|                      | Всього стрижнів на програму             |                   |                                    |                                    |                                     | 250640                              |                                              |

### 1.3.4. Відділення приготування формувальних і стрижневих сумішей

Кількісна витрата формувальних і стрижневих сумішей залежить від маси виливків, технології виготовлення форм і стрижнів та способу приготування суміші. Потребу в формувальних сумішах визначають методом розрахунку за номенклатурою (таблиця 1.8). Різниця між об'ємом опок у світлі та об'ємом, який займає модель, дозволяє встановити об'єм формувальної суміші в ущільненому стані. Об'єм стрижневої суміші встановлюють за об'ємом стрижнів.

Таблиця 1.8 Потреба в сумішах

| Найменування виливка | Матеріал | Формувальна суміш |                 |                  |                                 |                               |                              |
|----------------------|----------|-------------------|-----------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|                      |          | Розмір грудки, мм | Об'єм форми, м³ | Об'єм моделі, м³ | Кількість форм на програму, шт. | Об'єм формувальної суміші, м³ | Маса формувальної суміші, тн |
| Корпус               | СЧ20     | 1000х800х300      | 0,35            | 0,0029           | 2250                            | 780,975                       | 1187,08                      |
| Корпус               | СЧ20     |                   |                 | 0,0082           | 550                             | 1879,9                        | 2857,5                       |
| Фланець              | СЧ20     |                   |                 | 0,0009           | 1500                            | 523,65                        | 795,95                       |
| Кришка               | СЧ20     |                   |                 | 0,0048           | 5500                            | 1898,6                        | 2885,87                      |
| Кришка               | СЧ20     |                   |                 | 0,0035           | 8000                            | 2772                          | 4213,44                      |
| Корпус               | СЧ20     |                   |                 | 0,0048           | 5000                            | 1726                          | 2623,53                      |
| Шків                 | СЧ20     |                   |                 | 0,0089           | 4500                            | 1534,95                       | 2333,12                      |
| Корпус               | СЧ20     |                   |                 | 0,0034           | 2500                            | 866,5                         | 1317,08                      |
| Кришка               | СЧ20     |                   |                 | 0,0069           | 550                             | 1887,05                       | 2868,32                      |
| Корпус               | СЧ20     |                   |                 | 0,0067           | 4500                            | 1544,85                       | 2348,17                      |
| Склянка              | СЧ20     |                   |                 | 0,0045           | 5000                            | 1727,5                        | 2625,8                       |
| Фланець              | СЧ20     |                   |                 | 0,0087           | 9000                            | 3071,7                        | 4668,98                      |
| Колесо               | СЧ20     |                   |                 | 0,0030           | 250                             | 867,5                         | 1318,6                       |
| Склянка              | СЧ20     |                   |                 | 0,0098           | 11000                           | 3742,2                        | 5688,14                      |
| Корпус               | СЧ20     |                   |                 | 0,0062           | 4500                            | 1547,1                        | 2351,59                      |
| Ролик                | СЧ20     |                   |                 | 0,0020           | 2500                            | 870                           | 1322,4                       |
| Корпус               | СЧ20     |                   |                 | 0,0056           | 4000                            | 1377,6                        | 2093,95                      |
| Маточина             | СЧ20     |                   |                 | 0,0022           | 2750                            | 956,45                        | 1453,80                      |
| Шків                 | СЧ20     |                   |                 | 0,0031           | 4500                            | 1561,05                       | 2372,79                      |
| Шків                 | СЧ20     |                   |                 | 0,0044           | 5000                            | 1728                          | 2626,56                      |
| Кришка               | СЧ20     |                   |                 | 0,0047           | 4500                            | 1553,85                       | 2361,85                      |
| Шків                 | СЧ20     |                   |                 | 0,0048           | 4500                            | 1553,4                        | 2361,17                      |
| Корпус               | СЧ20     |                   |                 | 0,0027           | 2750                            | 955,075                       | 1451,71                      |
| РАЗОМ                |          |                   |                 |                  |                                 | 36925,8                       | 56127                        |

У таблиці 1.9 розглянемо склад формувальної та стрижневої суміші з урахуванням можливих втрат.

Таблиця 1.9 Потреба матеріалів для виготовлення форм

| Склад суміші                                    |          | Формувальна суміш | Стрижнева суміш | Суміш із втратами під час транспортування, тн |                 |         | Всього з урахуванням втрат, т |
|-------------------------------------------------|----------|-------------------|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------|---------|-------------------------------|
|                                                 |          |                   |                 | Формувальна суміш                             | Стрижнева суміш | Всього  |                               |
| <b>Витрата суміші, тн</b>                       |          | 56127,4           | 554,15          | 1122,55                                       | 27,71           | 1150,26 | 57831,81                      |
| Кварцовий пісок 2К1 О <sub>2</sub> 025 3К1О2020 | 2138-91  |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                             |          | 30                | 96              |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                           |          | 16838,22          | 531,98          | 336,76                                        | 26,59           | 363,35  | 17733,55                      |
| Бентоніт                                        | 28177-89 |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                             |          | 1,6               |                 |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                           |          | 898,04            |                 | 17,96                                         | -               | 17,96   | 916                           |
| Сполучна речовина                               | 13078    |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                             |          | 7,3               | 2,5             |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                           |          | 4097,3            | 13,85           | 81,95                                         | 0,69            | 82,64   | 4193,79                       |
| Їдкий натрій                                    | 2263     |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                             |          | 0,8               |                 |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                           |          | 449,02            |                 | 8,98                                          | -               | 8,98    | 458                           |
| Ферохромовий шлак                               | 1411-97  |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                             |          | 2,3               |                 |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                           |          | 1290,93           |                 | 25,82                                         | -               | 25,82   | 1316,75                       |
| Затверджувач КІ-41                              | 3251-86  |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                             |          |                   | 1,3             |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                           |          |                   | 7,2             | -                                             | 0,36            | 0,36    | 7,56                          |
| Стеарат кальцію                                 | 2417-86  |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                             |          |                   | 0,2             |                                               |                 |         |                               |
| в тн:                                           |          |                   | 1,108           | -                                             | 0,055           | 0,055   | 1,163                         |
| Відпрацьована суміш                             |          |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                             |          | 58                |                 |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                           |          | 32553,89          |                 | 651,08                                        | -               | 651,08  | 33204,97                      |

Таблиця 1.10 Потреба матеріалів для виготовлення стрижнів

| Склад суміші                          | ГОСТ     | Формувальна суміш | Стрижнева суміш | Суміш із втратами під час транспортування, тн |                 |         | Всього з урахуванням втрат, т |
|---------------------------------------|----------|-------------------|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------|---------|-------------------------------|
|                                       |          |                   |                 | Формувальна суміш                             | Стрижнева суміш | Всього  |                               |
| <b>Витрата суміші, тн</b>             |          | 56127,4           | 554,15          | 1122,55                                       | 27,71           | 1150,26 | 57831,81                      |
| Кварцовий пісок 2К2 О <sub>2</sub> О2 | 2138-84  |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                   |          | 11,3              | 98              |                                               |                 |         |                               |
| в тн:                                 |          | 6342,39           | 543,07          | 126,85                                        | 27,15           | 154     | 7039,46                       |
| Сполучна речовина «КО»                | 13078    |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                   |          | 0,09              |                 |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                 |          | 50,51             |                 | 2,53                                          | -               | 2,53    | 53,04                         |
| Каталізатор КЧ-41                     | 3251-86  |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                   |          |                   | 0,35            |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                 |          |                   | 1,94            | -                                             | 0,097           | 0,097   | 2,04                          |
| Стеарат кальцію                       | 2417-86  |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                   |          |                   | 0,05            |                                               |                 |         |                               |
| в тн:                                 |          |                   | 0,28            | -                                             | 0,014           | 0,014   | 0,294                         |
| Крохмаліт                             |          |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                   |          | 0,01              |                 |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                 |          | 5,61              |                 | 0,11                                          | -               | 0,11    | 5,72                          |
| Вугілля кам'яне мелене ТУ 12-1-76     |          |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| у%:                                   |          | 0,5               |                 |                                               |                 |         |                               |
| в тн:                                 |          | 280,64            |                 | 5,61                                          | -               | 5,61    | 286,25                        |
| Відпрацьована суміш                   |          |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| %                                     |          | 87                |                 |                                               |                 |         |                               |
| у тн:                                 |          | 48830,84          |                 | 976,6                                         | -               | 976,6   | 49807,44                      |
| Ортофосфорна кислота                  | 10678-76 |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| %                                     |          |                   | 1,6             |                                               |                 |         |                               |
| у тн                                  |          |                   | 8,87            | -                                             | 0,44            | 0,44    | 9,31                          |
| Глина бентонітова                     |          |                   |                 |                                               |                 |         |                               |
| %:                                    |          | 1,1               |                 |                                               |                 |         |                               |
| у тн.                                 |          | 617,40            |                 | 12,35                                         | -               | 12,35   | 629,75                        |

### 1.3.5 Відділення очищення та обробування виливків

При визначенні кількості виливків, що підлягають обробці в термообрубному відділенні, за основу беруть річну виробничу програму

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.01 ОТБ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

ливарного цеху з урахуванням браку. При цьому виходять з того, що при ретельному огляді виливків виявлений при обрубці і зовнішній (виявлений при обробці різанням) брак повинен становити 2-3% річної програми цеху. Виливки з СЧ вимагають подальшого очищення і обрубки. Для очищення виливків застосовують різні методи. У нашому випадку застосовуємо таке обладнання: барабан очисний дробометний мод. 42233, камера очисна СН-12, верстат фрезерний 6Р12Б, шліфувальний круг.

Таблиця 1.11

| Найменування деталі | Річне завдання |       | Вид очищення                           |                  |                     |                  |                         |                  |                   |                  |
|---------------------|----------------|-------|----------------------------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                     |                |       | Барабан очисний дробометний мод. 42233 |                  | Камера очисна СН-12 |                  | Зачистні верстати       |                  |                   |                  |
|                     |                |       |                                        |                  |                     |                  | Верстат фрезерний 6Р12Б |                  | Шліфувальний круг |                  |
|                     | в шт.          | в тн. | Норма шт./год.                         | На програму, год | Норма шт./год.      | На програму, год | Норма шт./год.          | На програму, год | Норма шт./год.    | На програму, год |
| Корпус              | 9000           | 189   | 12                                     | 15,75            | 7                   | 27               | 5                       | 37,8             | 1,5               | 126              |
| Корпус              | 11000          | 660   | 12                                     | 55               | 7                   | 94,29            | 5                       | 132              | 1,5               | 440              |
| Фланець             | 9000           | 57    | 12                                     | 4,75             | 7                   | 8,14             | 5                       | 11,4             | 1,5               | 38               |
| Кришка              | 11000          | 385   | 12                                     | 32,08            | 7                   | 55               | 5                       | 77               | 1,5               | 256,67           |
| Кришка              | 8000           | 208   | 12                                     | 17,3             | 7                   | 29,71            | 5                       | 41,6             | 1,5               | 138,67           |
| Корпус              | 10000          | 350   | 12                                     | 29,17            | 7                   | 50               | 5                       | 70               | 1,5               | 233,33           |
| Шків                | 9000           | 585   | 12                                     | 48,75            | 7                   | 83,57            | 5                       | 117              | 1,5               | 390              |
| Корпус              | 10000          | 250   | 12                                     | 20,83            | 7                   | 35,71            | 5                       | 50               | 1,5               | 166,67           |
| Кришка              | 11000          | 550   | 12                                     | 45,83            | 7                   | 78,57            | 5                       | 110              | 1,5               | 366,67           |
| Корпус              | 9000           | 441   | 12                                     | 36,75            | 7                   | 63               | 5                       | 88,2             | 1,5               | 294              |
| Склянка             | 10000          | 330   | 12                                     | 27,5             | 7                   | 47,14            | 5                       | 66               | 1,5               | 220              |
| Фланець             | 9000           | 567   | 12                                     | 47,25            | 7                   | 81               | 5                       | 113,4            | 1,5               | 378              |
| Колесо              | 10000          | 220   | 12                                     | 18,33            | 7                   | 31,43            | 5                       | 44               | 1,5               | 146,67           |
| Склянка             | 11000          | 781   | 12                                     | 65,08            | 7                   | 111,57           | 5                       | 156,2            | 1,5               | 520,67           |
| Корпус              | 9000           | 405   | 12                                     | 33,75            | 7                   | 57,86            | 5                       | 81               | 1,5               | 270              |
| Ролик               | 10000          | 146   | 12                                     | 12,17            | 7                   | 20,86            | 5                       | 29,2             | 1,5               | 97,33            |
| Корпус              | 8000           | 328   | 12                                     | 27,33            | 7                   | 46,86            | 5                       | 65,6             | 1,5               | 218,67           |
| Маточина            | 11000          | 176   | 12                                     | 14,67            | 7                   | 25,14            | 5                       | 35,2             | 1,5               | 117,33           |
| Шків                | 9000           | 207   | 12                                     | 17,25            | 7                   | 29,57            | 5                       | 41,4             | 1,5               | 138              |
| Шків                | 10000          | 320   | 12                                     | 26,67            | 7                   | 45,71            | 5                       | 64               | 1,5               | 213,33           |
| Кришка              | 9000           | 306   | 12                                     | 25,5             | 7                   | 43,71            | 5                       | 61,2             | 1,5               | 204              |
| Шків                | 9000           | 311   | 12                                     | 25,92            | 7                   | 44,43            | 5                       | 62,2             | 1,5               | 207,33           |
| Корпус              | 11000          | 220   | 12                                     | 18,3             | 7                   | 31,43            | 5                       | 44               | 1,5               | 146,67           |
| РАЗОМ:              | 223000         | 8000  | -                                      | 665,93           | -                   | 1141,7           | -                       | 1598,4           | -                 | 5328,01          |

## 1.4 Вибір і розрахунок технологічного обладнання

Вибір і розрахунок технологічного обладнання ливарних цехів, а також визначення необхідних площ слід проводити в послідовності, що відповідає технологічному процесу.

Розрахунок ливарного обладнання проводиться виходячи з виробничої програми в натуральних показниках:

$$n_p = \frac{\sum_{i=1}^k N_i}{g_t \cdot F_{\text{д}} \cdot K_d},$$

де  $N_i$  - річна виробнича програма, тн. або тис. шт.;

$F_{\text{д}}$  - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, година (3975-при 2-х змінах);

$K_d$  - коефіцієнт виконання норм часу (1,1-1,2);

$g_t$  - годинна продуктивність обладнання, тн/год або шт./год.

Таблиця 1.11. Розрахунок кількості бігунів і змішувачів

| Суміші     |                    | Обладнання                                     |                        |              |          |                            |
|------------|--------------------|------------------------------------------------|------------------------|--------------|----------|----------------------------|
| Вид        | Кількість, тн/год. | Найменування обладнання, габаритні розміри, мм | Продуктивність, тн/год | Кількість    |          | Коефіцієнт завантаження, % |
|            |                    |                                                |                        | Розрахункове | Прийняте |                            |
| Формовочна | 14,1               | Бігуни мод. 15104                              | 10                     | 0,18         | 1        | 18                         |
| Стрижнева  | 0,14               | Змішувач безперервної дії мод. 19415           | 20                     | 0,09         | 1        | 9                          |

Таблиця 1.12 Розрахунок кількості ливарного обладнання

| Найменування<br>(вид) ливарного<br>обладнання | Марка обладнання,<br>габаритні розміри, мм                             | Годинна<br>продуктивність<br>обладнання | Кількість<br>обладнання |              | Коефіцієнт<br>завантаження,<br>% |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|--------------|----------------------------------|
|                                               |                                                                        |                                         | Розрах<br>унков<br>е    | Прийня<br>те |                                  |
| Базовий варіант                               |                                                                        |                                         |                         |              |                                  |
| Плавка                                        | Індукційна тигельна піч<br>ІЧТ31/7.1                                   | 12,5 т/год                              | 0,2                     | 1            | 20                               |
| Виготовлення<br>разових форм                  | Формувальна машина<br>мод. ВПФ                                         | 9 форм/год                              | 1,2                     | 2            | 60                               |
| Виготовлення<br>стрижнів                      | Ст.машина мод. 2Б83                                                    | 125 цикл/год                            | 2,8                     | 3            | 9                                |
| Очищення<br>виливків                          | Барабан очисний,<br>дробометний мод. 42233                             | 0,3 т/год                               | 6,1                     | 6            | 10                               |
| Вибивання форм                                | Вибивна решітка мод.<br>ІР-120                                         | 60 опок/год                             | 0,3                     | 1            | 30                               |
| Вибивання<br>стрижнів                         | Вибивна решітка мод.<br>ІР-120                                         | 40 опок/год                             | 0,5                     | 1            | 50                               |
| Обрубка<br>виливків                           | Рубальний молоток ІП<br>4108                                           | 2 тн/год                                | 0,9                     | 1            | 90                               |
| Зачистка<br>виливків                          | Верстат фрезерний<br>6Р12Б                                             | 0,2 т/год                               | 9,14                    | 9            | 101,6                            |
|                                               | Шліфувальний круг                                                      | 0,3 т/год                               | 6,09                    | 6            | 101,5                            |
| <b>РАЗОМ за переділом:</b>                    |                                                                        |                                         |                         | <b>30</b>    |                                  |
| проектний варіант                             |                                                                        |                                         |                         |              |                                  |
| Плавка                                        | Установка<br>середньочастотних<br>тигельних печей ОТТО<br>JUNKER-1 шт. | 2,5 тн/год                              | 0,73                    | 1            | 73                               |
| Виготовлення<br>стрижнів                      | Ст.машина мод. 2Б83                                                    | 125 цикл/год                            | 2,8                     | 3            | 9                                |
| Виготовлення<br>разових форм                  | Формувальна машина<br>мод. ВПФ                                         | 9 форм/год                              | 0,2                     | 1            | 20                               |
| Вибивання форм                                | Вибивна решітка мод.<br>ІР-120                                         | 60 опок/год                             | 0,3                     | 1            | 30                               |

Основою планувального рішення ливарного цеху є технологічна схема цеху, що визначається його призначенням, складом, потужністю; в ній враховується прийнятий технологічний процес і засоби внутрішньоцехового транспорту.

Склад виробничих і допоміжних ділянок та обладнання, що входять до комплексу ливарного виробництва, забезпечує виконання всього технологічного процесу виробництва виливків, передбачених програмою, починаючи зі складів формувальних і шихтових матеріалів і закінчуючи ґрунтуванням виливків.

Обов'язковими виробничими відділеннями будь-якого ливарного цеху є

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.01 ОТБ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              | 14   |



плавильне з проміжним складом шихтових матеріалів і дільницею дозування та набору шихти, формувальню-залитну, стрижневу, сумішоприготувальну з проміжним складом формувальних матеріалів і обрубно-очисну. Крім того, в будівлі ливарного цеху розміщені допоміжні відділення і ділянки, в тому числі проміжні склади моделей, ремонтні та енергетичні служби.

### 1.5 Розрахунок чисельності працюючих у ливарному цеху

Розрахунок чисельності працюючих за категоріями (основні робітники, допоміжні, службовці за категоріями) проводимо по кожній ділянці (відділенню) ливарного цеху. Чисельність робітників основного виробництва визначається розстановкою робітників з урахуванням кількості обслуговуваного обладнання та кількості змін, як це показано в таблицях 1.13 і 1.14.

Таблиця 1.13. Розрахунок чисельності основних робітників (базовий варіант)

| №                                                        | Відділення професія робітника | Кількість одиниць обладнання | Норма обслуговування в змін | Кількість змін роботи | Чисельність основних робітників, осіб | Розряд роботи |    |   |   |   | Розподіл по змінах |    |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------|----|---|---|---|--------------------|----|
|                                                          |                               |                              |                             |                       |                                       | 1             | 2  | 3 | 4 | 5 | 1                  | 2  |
| <b>1. Стрижневе відділення і формувальне відділення:</b> |                               |                              |                             |                       |                                       |               |    |   |   |   |                    |    |
| 1                                                        | Формувальник машинних форм.   | 2                            | 1                           | 2                     | 6                                     |               |    |   | 2 | 4 | 3                  | 3  |
| 2                                                        | Вибивальник                   | 1                            | 1                           | 2                     | 3                                     | 1             | 1  | 1 |   |   | 2                  | 1  |
| 3                                                        | Стерженщик маш. форм.         | 3                            | 1                           | 2                     | 9                                     |               | 4  | 3 | 1 | 1 | 4                  | 5  |
| 4                                                        | Формувальник ручних форм.     | 2                            | 1                           | 2                     | 4                                     |               | 4  |   |   |   | 2                  | 2  |
| 5                                                        | Кранівник                     | 3                            | 1                           | 2                     | 6                                     |               | 3  |   | 1 | 1 | 3                  | 3  |
| РАЗОМ по відділенню:                                     |                               |                              |                             |                       | 28                                    | 1             | 12 | 4 | 4 | 6 | 14                 | 14 |
| <b>2. Плавильне відділення:</b>                          |                               |                              |                             |                       |                                       |               |    |   |   |   |                    |    |
| 1                                                        | Заливник металів              | 1                            | 1                           | 2                     | 6                                     |               |    |   | 4 | 2 | 3                  | 3  |
| 2                                                        | Плавильник                    | 1                            | 1                           | 2                     | 4                                     |               |    |   | 1 | 3 | 2                  | 2  |
| РАЗОМ по відділенню:                                     |                               |                              |                             |                       | 10                                    |               |    |   | 5 | 5 | 5                  | 5  |
| <b>3. Відділення для приготування суміші:</b>            |                               |                              |                             |                       |                                       |               |    |   |   |   |                    |    |
| 1                                                        | Землеробство                  | 1                            | 1                           | 2                     | 20                                    |               | 11 | 9 |   |   | 10                 | 10 |
| 2                                                        | Підсобний робітник            | 1                            | 1                           | 1                     | 1                                     |               | 1  |   |   |   | 1                  |    |
| РАЗОМ по відділенню:                                     |                               |                              |                             |                       | 21                                    |               | 12 | 9 |   |   | 11                 | 10 |

|      |      |          |        |      |                              |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.01 ОТБ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                              | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                              |      |

Таблиця 1.14. Розрахунок чисельності основних робітників (проектний варіант)

| №                                                        | Відділення професія робітника | Кількість одиниць обладнання | Норма обслуговування в зміну | Кількість змін роботи | Чисельність основних робітників, осіб | Розряд роботи |   |   |   |   | Розподіл по змінах |    |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------|---|---|---|---|--------------------|----|
|                                                          |                               |                              |                              |                       |                                       | 1             | 2 | 3 | 4 | 5 | 1                  | 2  |
| <b>1. Стрижневе відділення і формувальне відділення:</b> |                               |                              |                              |                       |                                       |               |   |   |   |   |                    |    |
| 1                                                        | Формувальник машинних форм.   | 1                            | 1                            | 2                     | 4                                     |               |   |   | 1 | 3 | 2                  | 2  |
| 2                                                        | Вибивальник                   | 1                            | 1                            | 2                     | 2                                     |               | 1 | 1 |   |   | 1                  | 1  |
| 3                                                        | Стерженщик маш. форм.         | 2                            | 1                            | 2                     | 8                                     |               |   | 1 | 2 | 5 | 4                  | 4  |
| 4                                                        | Кранівник                     | 3                            | 1                            | 2                     | 5                                     |               |   | 2 | 2 | 1 | 2                  | 3  |
| РАЗОМ по відділенню:                                     |                               |                              |                              |                       | 19                                    |               | 1 | 4 | 5 | 9 | 9                  | 10 |
| <b>2. Плавильне відділення:</b>                          |                               |                              |                              |                       |                                       |               |   |   |   |   |                    |    |
| 1                                                        | Заливник металів              | 1                            | 1                            | 2                     | 6                                     |               |   |   | 3 | 3 | 3                  | 3  |
| 2                                                        | Плавильник                    | 1                            | 1                            | 2                     | 8                                     |               |   | 2 | 1 | 5 | 4                  | 4  |
| РАЗОМ по відділенню:                                     |                               |                              |                              |                       | 14                                    |               |   | 2 | 4 | 8 | 7                  | 7  |

Кількість допоміжних робітників і службовців (керівників, фахівців, технічних виконавців) визначається за допомогою укрупненого розрахунку на основі даних про сформоване співвідношення чисельності різних категорій працюючих на базовому підприємстві та за нормативами чисельності облікового складу основних виробничих робітників. Результати розрахунку чисельності допоміжних робітників наведені в таблиці 1.15

Норми для визначення чисельності допоміжних робітників і службовців у ливарних цехах

| № | Категорії робітників | Ливарний цех        |
|---|----------------------|---------------------|
|   |                      | Серійне виробництво |
| 1 | Виробничі робітники  | 112                 |
| 2 | Допоміжні робітники  | 73-83               |
| 3 | Керівники, фахівці   | 11                  |
| 4 | Службовці            | 10-12               |

Таблиця. 1.15. Штатний розклад робітників основного та допоміжного виробництва

| №                                                           | Відділення та професія<br>робітника-відрядника                                   | Розряд | Кільк<br>ість<br>один<br>иць<br>облад<br>нанн<br>я | Нор<br>ма<br>обсл<br>угов<br>уван<br>ня за<br>змін<br>у | Кількі<br>сть<br>змін<br>роботи | Явочна<br>чисельн<br>ість<br>робітни<br>ків,<br>осіб | Коефіцієн<br>т<br>переведен<br>ня явкової<br>чисельнос<br>ті в<br>обликову,<br>% | Обликова<br>чисельніст<br>ь<br>робітників<br>, осіб |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. Робітники, які обслуговують обладнання (базовий варіант) |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 |                                                      |                                                                                  |                                                     |
| 1                                                           | Слюсар-ремонтник                                                                 | 4,5    | 20                                                 | 3                                                       | 2                               | 17                                                   | 1                                                                                | 17                                                  |
| 2                                                           | Налагоджувальник<br>формувальних і<br>стрижневих машин                           | 7      | 5                                                  | 2                                                       | 2                               | 9                                                    | 1                                                                                | 9                                                   |
| 3                                                           | Токар                                                                            | 6      | 4                                                  | 2                                                       | 2                               | 2                                                    | 1                                                                                | 2                                                   |
| 4                                                           | Електрогазозварник                                                               | 6      | 5                                                  | 2                                                       | 2                               | 2                                                    | 1                                                                                | 2                                                   |
| Разом по відділенню:                                        |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 | 30                                                   | -                                                                                | 30                                                  |
| Робітники, які обслуговують обладнання (проектний варіант)  |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 |                                                      |                                                                                  |                                                     |
| 1                                                           | Слюсар-ремонтник                                                                 | 6      | 18                                                 | 3                                                       | 2                               | 14                                                   | 1                                                                                | 14                                                  |
| 2                                                           | Налагоджувальник<br>формувальних і<br>стрижневих машин                           | 7      | 5                                                  | 2                                                       | 2                               | 7                                                    | 1                                                                                | 7                                                   |
| 3                                                           | Токар                                                                            | 6      | 4                                                  | 2                                                       | 2                               | 2                                                    | 1                                                                                | 2                                                   |
| 4                                                           | Електрогазозварник                                                               | 6      | 4                                                  | 2                                                       | 2                               | 2                                                    | 1                                                                                | 2                                                   |
| Разом по відділенню:                                        |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 | 25                                                   | -                                                                                | 25                                                  |
| 2. Робочі, які виконують допоміжні операції техпроцесу      |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 |                                                      |                                                                                  |                                                     |
| 1                                                           | Вантажники                                                                       | 4      | за робочими місцями                                |                                                         |                                 | 10                                                   | 1                                                                                | 10                                                  |
| Разом по відділенню:                                        |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 | 10                                                   | -                                                                                | 10                                                  |
| 3. Робочі, що обслуговують цех                              |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 |                                                      |                                                                                  |                                                     |
| 1                                                           | Комірник                                                                         | -      | за робочими місцями                                |                                                         |                                 | 3                                                    | 1                                                                                | 3                                                   |
| 2                                                           | Прибиральник                                                                     | 1      | -                                                  | -                                                       | 2                               | 9                                                    | 1                                                                                | 9                                                   |
| 3                                                           | Токар                                                                            | 4      | за робочими місцями                                |                                                         |                                 | 1                                                    | 1                                                                                | 1                                                   |
| 4                                                           | Ел. зварювальник                                                                 | 5      | за робочими місцями                                |                                                         |                                 | 1                                                    | 1                                                                                | 1                                                   |
| 5                                                           | Слюсар-сантехнік                                                                 | 5      | за робочими місцями                                |                                                         |                                 | 3                                                    | 1                                                                                | 3                                                   |
| 6                                                           | Прибиральник                                                                     | 4      | за робочими місцями                                |                                                         |                                 | 1                                                    | 1                                                                                | 1                                                   |
| 7                                                           | Слюсар з ремонту та<br>обслуговування систем<br>вентиляції та<br>кондиціонування | 4      | за робочими місцями                                |                                                         |                                 | 4                                                    | 1                                                                                | 4                                                   |
| Разом по відділенню:                                        |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 | 22                                                   | -                                                                                | 22                                                  |
| Разом по цеху (базовий варіант):                            |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 | 62                                                   | -                                                                                | 62                                                  |
| Разом по цеху (проектний варіант):                          |                                                                                  |        |                                                    |                                                         |                                 | 57                                                   | -                                                                                | 57                                                  |

## 2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Характеристика матеріалу деталі

Найменування деталі — «Корпус». Марка сплаву, з якого виготовляється деталь — Чавун СЧ20 — сірий чавун містить: 3,3 % вуглецю, 2,4 % кремнію, 0,8 % марганцю, до 0,15 % сірки, до 0,2 % фосфору, 93 % заліза, гарантований межа міцності на розтяг 20 МПа · 10–1. ГОСТ 1412–85

На частку сірого чавуну з пластинчастим графітом припадає близько 80 % загального виробництва чавунних виливків.

Пластини графіту з гострими краями зменшують ефективний переріз металевої матриці і, головне, є внутрішніми концентраторами напружень, що сприяють зародженню та розвитку тріщин. Коефіцієнт концентрації розтягуючих напружень біля пластин графіту досягає 7,5. Пластини графіту сильно знижують міцність і пластичність чавуну при розтягуванні. Відносне подовження сірих чавунів з пластинчастим графітом, як правило, не перевищує 0,5–1,0 % і стандартом не гарантується. На міцність при стисненні включення графіту впливають значно слабше, тому чавун особливо вигідно використовувати для виготовлення деталей, що працюють на стиснення.

Наявність великої кількості внутрішніх концентраторів напружень у вигляді пластин графіту робить сірий чавун малочутливим до зовнішніх концентраторів напружень: різких переходів між перерізами виливка, надрізів, виточок, подряпин та інших нерівностей поверхні виливка.

Хімічний склад і міцність чавуну наведено в табл. 2.1. Дані таблиці відповідають ГОСТ 1412–85.

|           |      |              |        |      |                             |      |         |
|-----------|------|--------------|--------|------|-----------------------------|------|---------|
|           |      |              |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ |      |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата | ТЕХНОЛОГІЧНА<br>ЧАСТИНА     |      |         |
| Розроб.   |      | Білий О.Ю.   |        |      |                             |      |         |
| Перевір.  |      | Кассім Д.О.  |        |      |                             |      |         |
| Н. Контр. |      | Кассім Д.О.  |        |      |                             |      |         |
| Затверд.  |      | Бабошко Д.Ю. |        |      |                             |      |         |
|           |      |              |        |      | Лім.                        | Арк. | Акрушів |
|           |      |              |        |      |                             | 1    | 14      |
|           |      |              |        |      | МТ-23-2ск                   |      |         |

Таблиця 2.1 Хімічний склад у % матеріалу СЧ2, ГОСТ 1412 - 85

| C       | Si        | Mn      | S       | P      |
|---------|-----------|---------|---------|--------|
| 3,3–3,5 | 1,4 - 2,4 | 0,7 - 1 | до 0,15 | до 0,2 |

Оскільки будова чавуну залежить не тільки від його хімічного складу, але й від умов плавки та лиття, то ці умови також впливають на механічні властивості чавуну. З прискоренням охолодження дрібнішими стають включення графіту, зменшується його кількість, збільшується частка перліту і зменшується міжпластинчаста відстань у перліті. Усі ці фактори призводять до підвищення міцності та твердості при заданому хімічному складі чавуну.

У реальних фасонних виливках швидкості охолодження залежать від перетину їх стінок. Зі збільшенням перетину стінок швидкість охолодження зменшується, що призводить до зниження  $\sigma_v$  та НВ. У ГОСТ 1412–85 як довідкові дані наведено відомості про вплив перетину стінки виливка на міцність і твердість чавуну (табл. 2.2). Основні області застосування сірого чавуну — верстатобудування та важке машинобудування (станини верстатів, різноманітні корпусні деталі), автомобільна промисловість і сільськогосподарське машинобудування, санітарно-технічне обладнання (опалювальні радіатори, труби, ванни) та ін.

Таблиця 2.2

## Ливарно-технологічні властивості матеріалу СЧ20

|                |      |
|----------------|------|
| Ливарна усадка | 1,2% |
|----------------|------|

Механічні властивості при  $T=20^{\circ}\text{C}$  матеріалу СЧ20

| Асортимент               | Розмір | Напр. | $\sigma_b$ | $\sigma_T$ | $\delta_5$ | $\psi$ | KCU                | Термообр. |
|--------------------------|--------|-------|------------|------------|------------|--------|--------------------|-----------|
| -                        | мм     | -     | МПа        | МПа        | %          | %      | кДж/м <sup>2</sup> | -         |
| Виливки,<br>ГОСТ 1412-85 |        |       | 200        |            |            |        |                    |           |

|                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| Твердість СЧ20, ГОСТ 1412-85 | НВ $10^{-1} = 143 - 255$ МПа |
|------------------------------|------------------------------|

## Фізичні властивості матеріалу СЧ20

| T    | $E \cdot 10^{-5}$ | $\alpha \cdot 10^6$ | $\lambda$   | $\rho$            | C            | R $10^9$ |
|------|-------------------|---------------------|-------------|-------------------|--------------|----------|
| Град | МПа               | 1/Град              | Вт/(м·град) | кг/м <sup>3</sup> | Дж/(кг·град) | Ом·м     |
| 20   | 1                 |                     | 54          | 7100              |              |          |
| 100  |                   | 9,5                 |             |                   | 480          |          |

**2.2. Технологічність конструкції.**

Дана деталь (корпус) виконує захисні функції. Корпус призначений також для установки в ньому підшипників вала.

Зовнішня поверхня деталі являє собою сукупність двох циліндричних поверхонь, обмежених трьома площинами. Внутрішня поверхня також представлена циліндричними поверхнями різних діаметрів. Деталь відноситься до 3 групи складності.

Зовнішній контур і конструкція литої деталі є простими. Модель і форму для неї можна виготовити з одним плоским роз'ємом. Модель легко витягується з форми. Внутрішня поверхня виливка спрощується. Центральний отвір виконується із застосуванням стрижня. Діаметр стрижня вибирається найменшим з урахуванням припусків на механічну обробку.

Отвори діаметром 40 мм значно ускладнюють технологічний процес, тому не передбачені у виливку.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 3    |

### 2. 3. Вибір способу формування.

У виготовленні даного виливка застосовується ручне формування в опоці. Це обумовлено тим, що виробництво є одиничним. Деталь має досить великі розміри, тому для ущільнення формувальної суміші використовують пневматичні трамбувальні машини, струшувальні столи. При витяганні моделі з форми застосовують підйомні пристрої.

До основних формувальних матеріалів відносять піски, що є вогнетривкою основою сумішей, та сполучні (глини, смоли тощо).

Формувальні піски є основними наповнювачами формувальних і стрижневих сумішей. Як формувальні в більшості випадків застосовують кварцові піски, що складаються з зерен кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ) певної величини та форми. Широке застосування цих пісків пояснюється тим, що вони у високій мірі відповідають умовам роботи ливарної форми.

Формувальні глини застосовують як мінеральне сполучне у формувальних і стрижневих сумішах. Формувальними глинами називають гірські породи, що складаються з тонкодисперсних частинок водних алюмосилікатів, які мають зв'язувальну здатність і термохімічну стійкість та здатні забезпечити міцні формувальні суміші, що не пригорають до поверхні виливків. При формуванні по сирому перевагу надають бентонітовим глинам.

Формувальні матеріали залежно від умов їх застосування повинні відповідати таким вимогам:

- забезпечувати необхідну міцність суміші в сирому та сухому станах;
- запобігати прилипанню суміші до модельного оснащення;
- надавати суміші текучість, необхідну для відтворення контурів моделі та стрижневого ящика;
- мати низьку газоутворювальну здатність;

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 4    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

забезпечувати податливість форми або стрижня при затвердінні та охолодженні виливка;

мати достатню вогнетривкість і низьку схильність до пригорання до виливка;

забезпечувати хорошу вибиваність форми та стрижня;

мати низьку гігроскопічність;

#### Формувальна суміш

Використовуємо облицовальну та наповнювальну суміш. Облицовальну суміш, що формує робочу поверхню форми та безпосередньо контактує з розплавом, ретельно готують з найбільш якісних вихідних формувальних матеріалів, утворюючи з неї облицовальний шар товщиною 15-30 мм. Решту об'єму ливарної форми заповнюють наповнювальною сумішшю, що складається в основному з оборотної суміші з невеликими добавками свіжих вихідних матеріалів. Наповнювальна суміш значно дешевша і простіша у приготуванні, ніж облицовальна. До неї висуваються вимоги лише щодо газопроникності та міцності, які повинні бути не нижчими, ніж у облицовальній суміші. Використання облицовальної та наповнювальної сумішей є раціональним в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва, особливо при виготовленні середніх і великих виливків.

Враховуючи масу та товщину стінок виливка, оберемо склад облицовальної суміші для формування по сирому. Склад та властивості суміші вказані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 Склад формувальної суміші

| Суміш                   | Маса виливка, кг | Глина, % | Зерновий склад піску | Склад суміші, % маси |                |                          | Властивості     |                    |                   |
|-------------------------|------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|
|                         |                  |          |                      | Відпрацьована        | Свіж. матеріал | Каменів угільний порошок | Вміст вологи, % | Газопроникність, % | Межа міцності при |
| Для формування з сирого | До 20            | 8-10     | 01А, 016А            | 78-59                | 20-38          | 2-3                      | 4,5-5,5         | 25- 35             | 29- 49            |

#### 2.4. Вибір положення виливка.

Положення виливка у формі вибираємо горизонтальне. Таке розташування

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 5    |



виливка забезпечує зручність виготовлення та складання форми. Виливок розташований в нижній опоці, щоб уникнути перекосів та інших дефектів, поверхня роз'єму плоска. Цей спосіб розташування виливка забезпечить рівномірне і спрямоване затвердіння (почнеться в більш тонких місцях, поступово пошириться на більш товсті і закінчиться в припливі, встановленому на наймасивнішій частині), хорошу вентиляцію порожнини форми і спокійне заповнення її розплавом, що виключає руйнування струменем металу ділянок форми і стрижня.

Роз'єм моделі форми

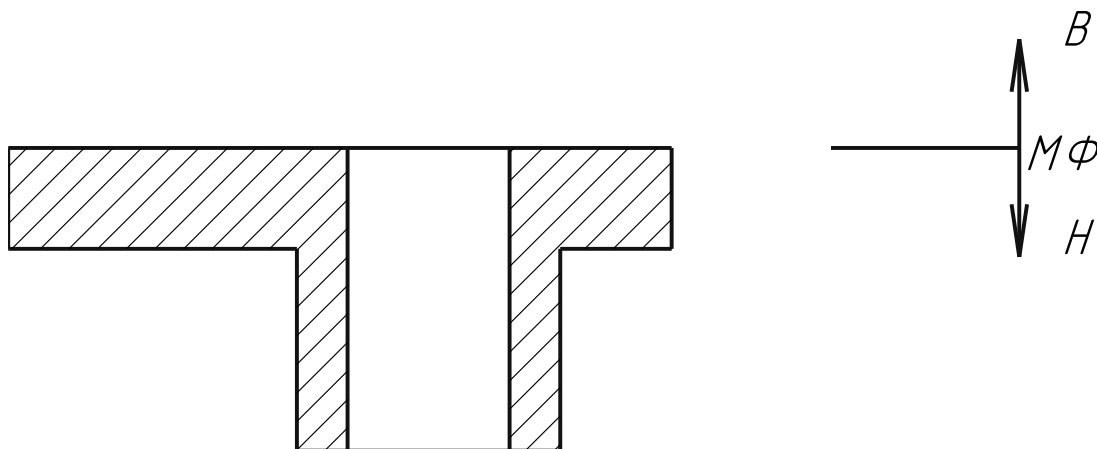


Рисунок 2.1.

## 2.5. Припуски на механічну обробку та технологічні припуски.

Технологічні припуски застосовуються для спрощення та полегшення процесу виготовлення виливка. До них відносяться формувальні ухили, напуски, припливи, усадочні ребра та стяжки, галтелі. У даному виливку передбачені наступні технологічні припуски.

Формові ухили служать для зручності вилучення моделі з форми без її

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 6    |

руйнування.

Напуск служить для спрощення виготовлення виливка і призначається замість елементів, які не виконуються при литті. В якості напуску для виготовлення даного виливка приймаємо

1. два отвори діаметром 40 мм;
2. спрощуємо внутрішню поверхню виливка, діаметр стрижня приймаємо найменшим (з урахуванням припуску на механічну обробку).

Напуски на механічну обробку

Напуски на механічну обробку призначають на поверхнях виливка, на яких така обробка передбачена кресленням деталі.

Допуск – це різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами.

Напуск – шар виливка, призначений для видалення ріжучим інструментом.

Номінальним розміром є відстань між обробленою поверхнею та базою її механічної обробки. При обробці поверхонь обертання номінальним розміром є їх діаметр.

Призначимо припуски на всі поверхні виливка, вони вказані в табл.5.1.

Поверхні 4, 5, 6 не підлягають механічній обробці, тому припуски на ці поверхні не призначаються (рис. 2.4).

Таблиця 2.4. Припуски на механічну обробку

| Поверхня | Клас точності/ряди припусків | Допуск, мм | Напуск, мм |
|----------|------------------------------|------------|------------|
| 1        | 11/4                         | 5,0        | 7,5        |
| 2        | 11/4                         | 5,0        | 7,5        |
| 3        | 11/4                         | 5,0        | 7,0        |

## Припуски на механічну обробку

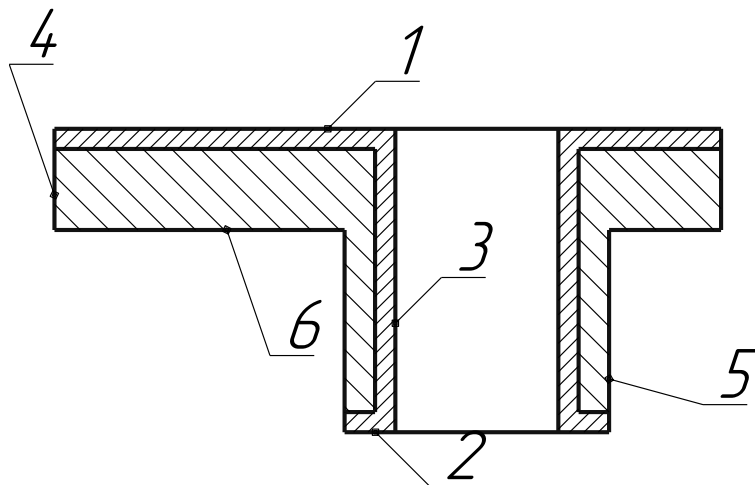


Рисунок 2.2.

### 2.6. Вибір стрижнів.

Для отримання великих отворів і порожнин у виливку застосовують стрижні. Місця з'єднання ливарної форми зі стрижнем називають знаковими частинами. Їхня функція полягає в забезпеченні правильного і стійкого положення стрижнів у формі.

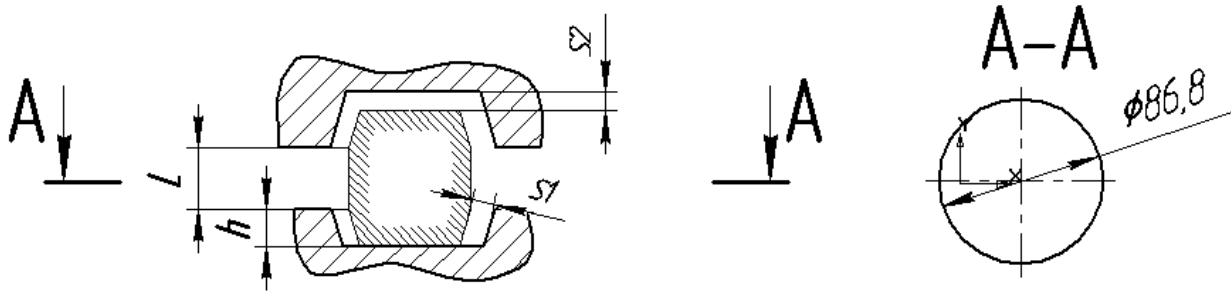
Розміри знаків мають важливе технологічне значення. Вони визначаються зручністю складання форми, вимогою точної фіксації стрижня, а також з урахуванням зусиль, що діють на стрижень під час заливки.

Стрижень для формування виливка використовується один. Він необхідний, оскільки підвищує точність виготовлення внутрішнього отвору деталі меншого діаметра, економить матеріал, зменшує обсяг механічної обробки.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 8    |

Таблиця 2.5 Стрижень

| Довжина частини стрижня, що бере участь у формуванні деталі, L мм | Довжина знака h, мм | Зазор S1, мм | Зазор S2, мм |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| 120                                                               | не більше 35        | 1,2          | 1,1          |



## 2.7. Формувальні ухили

Формувальні ухили служать для зручності виймання моделі з форми без її руйнування. Величини ухилів залежать від виду формувальної суміші, матеріалу та висоти моделі і визначаються згідно з ГОСТ 3212-80. (Табл. 2.6)

Таблиця 2.6 Формувальні ухили

| Висота поверхні, мм | Кут нахилу, ° |
|---------------------|---------------|
| 120                 | 1,01          |
| 80                  | 43            |

## 2.8. Випуски

Випуски призначені для виведення повітря і газу з порожнини форми під час заливки, зменшення динамічного тиску металу на форму. Випуски розташовують на найвищих точках вилівка з боку, протилежного підведенню металу.

Перетин випуску біля основи приймається рівним 1/2-1/3 площі перетину стінки вилівка. Конусність випуску призначаємо за таблицею формувальних

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

ухилів. З огляду на розміри вилівка, встановимо три випуски. Розміри випусків вказані в табл. 2.7

Таблиця 2.7 Розміри виступів

| Радіус основи виступу,<br>мм | Кут нахилу, ° | Висота виступу, мм |
|------------------------------|---------------|--------------------|
| 4                            | 10            | 29                 |

## 2.9. Конструкція та розрахунок ливарної системи

Ливникова система (л.с.) повинна забезпечити спокійну, рівномірну та безперервну подачу металу у заздалегідь визначені місця вилівка.

Конструкція л.с. повинна створювати умови, що перешкоджають засмоктуванню повітря потоком металу.

Л.с. повинна затримувати всі неметалеві включення, що потрапили в потік металу.

Однією з найважливіших функцій л.с. є заповнення форми із заданою швидкістю: при дуже великій швидкості заливки відбувається розмивання стінок форми та каналів самої л.с., а при занадто повільній заливці – значне охолодження металу та утворення спаїв, неслитинів, недоливів.

Ливарна система повинна сприяти виконанню принципу рівномірного або спрямованого затвердіння вилівка. Вона служить для часткового живлення рідким металом вилівка в початковий момент її затвердіння.

Ливарний канал складається з таких основних елементів: воронка, стояк, ливарний канал, живильники.

### 1. Воронка

Призначення воронки полягає в тому, щоб забезпечити потрапляння струменя з ковша в канали л.с. Також ці пристрої гасять енергію струменя металу з ковша і частково уловлюють шлак, що потрапив у потік з ковша.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

## 2.Стіяка

Він являє собою вертикальний канал ливарної системи, по якому метал опускається від рівня чаші до того рівня, на якому він підводиться до виливка.

## 3. Ливниковий хід (шлакоуловлювач)

Служить для затримання шлаку та передачі з стояка металу, вільного від шлаку; розташовується в горизонтальній площині.

## 4.Живильники

Останній за ходом металу елемент лінійного стана – живильники. Їх кількість і розташування залежать від характеру деталей, що заливаються. Перетин живильників повинен бути таким, щоб вони легко відламувалися від виливка.

Коли метал підводиться кількома живильниками до виливка, витікання його з різних живильників, віддалених на різну відстань від стояка, різне. Далекі живильники пропускають більшу кількість металу, ніж ближні. Це пояснюється тим, що в крайніх живильниках динамічний напір частково переходить у статичний, тому швидкість витікання металу з цих живильників вища.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

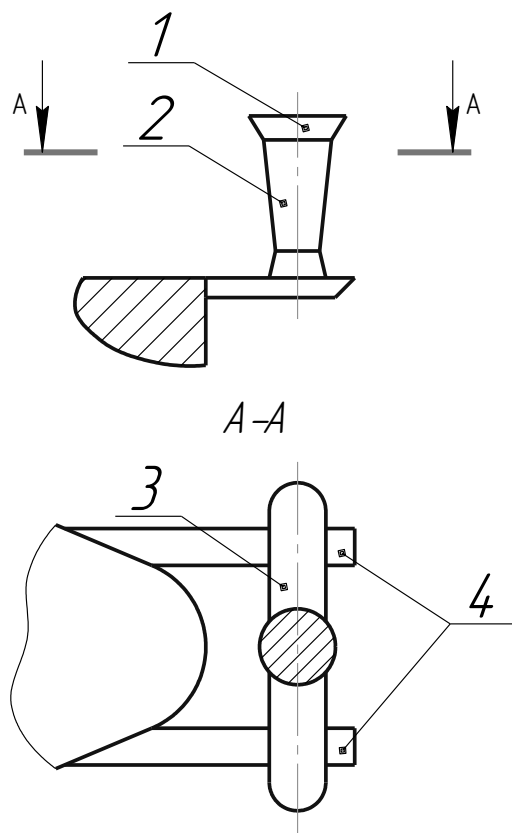


Рисунок 2.4. Ливникова система

1-чаша (воронка); 2-стояк; 3-ливниковий хід (шлакоуловлювач); 4-живильники.

Для розрахунку ливникової системи знайдемо масу виливка з урахуванням припусків на механічну обробку.

$$m = V \cdot \rho,$$

де  $m$  – маса виливка

$V$  – об'єм виливка

$\rho$  – щільність

Знайдемо об'єм усього виливка:

$$V = 868073 \text{ мм}^3 = 0,000868073 \text{ м}^3$$

Для сірих чавунів щільність дорівнює:

$$\rho = 7820 \text{ кг/м}^3$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 12   |

Маса дорівнює:

$$m=7820 \cdot 0,000868073=7 \text{ кг}$$

Час заливки:

$$\tau=5,14 \text{ с}$$

Розрахунковий напір рідкого металу:

$$H_p = H_{ст} - \frac{h^2}{2 \cdot H_{отл}},$$

де  $H_{ст}$  – висота стояка над живильниками, м,

$H_{отл}$  – загальна висота виливка, м,

$h$  – висота виливка вище місця підведення металу, м.

Оскільки  $h=0$  у нашому випадку, то:

$$H_p = H_{ст} = 45 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$$

Для чавунних виливків застосовують в основному заповнені ливникові системи, що забезпечують спокійне заливання металу у форму та затримання шлаку.

Сумарна площа поперечного перерізу живильників визначається за формулою:

$$\sum F_{num} = \frac{M}{\gamma \cdot \tau \cdot \mu \sqrt{2gH_p}}$$

Враховуючи, що  $\mu=0,4$ ;  $\gamma=7000 \text{ кг/м}^3$ ;  $g=9,8$ , розраховуємо:

$$\sum F_{num} = 0,00023084 \text{ м}^2 = 231 \text{ мм}^2$$

Площі поперечних перерізів інших елементів ливарної системи – шлакоуловлювача та стояка – визначаються за формулами:

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 13   |



$$\sum F_{num} : F_{шл} = 1,0 : 1,2,$$

$$\sum F_{num} : F_{см} = 1,0 : 1,35$$

Розраховуємо:

$$\sum F_{шл} = 279 \text{ мм}^2$$

$$\sum F_{см} = 312 \text{ мм}^2$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.02 ТЧ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

### 3. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМІШУВААННЯ СУМІШЕЙ

За останнє десятиліття у ливарних цехах Росії та України широкого поширення набула технологія виготовлення форм і стрижнів із холоднотвердіючих сумішей на смоляних сполучних (ХТС-процес). Це пояснюється значними технологічними перевагами ХТС порівняно з традиційними піщано-глинистими:

- застосування для виготовлення форм і стрижнів єдиних компонентів (пісок, смола, каталізатор);
- приготування суміші та подача її в опоки (стрижневі ящики) поєднані в одному агрегаті - змішувачі;
- висока точність стрижнів і форм, можливість уникнення пригару;
- відсутні дефекти виливків, пов'язані з піддутьям, їх розмиванням, обваленням, зменшується кількість газових раковин;
- можливість отримувати вилівка 7 класу точності за ГОСТ 26645-85, знижується витрата металу та обсяг механічної обробки;
- стрижні легко видаляються з внутрішніх порожнин виливка, оскільки смола під впливом температури залитого металу вигорає і стрижень розсипається;
- швидка зміна оснащення і, як наслідок, гнучкість при виготовленні багатомономенклатурної продукції, особливо при дрібносерійному та серійному виробництві;
- можливість практично повної регенерації формувальної суміші та використання 90 - 95% регенерату.

Застосування ХТС дозволяє, починаючи з організації відділення приготування суміші, різко знизити обсяг внутрішньоцехових транспортних

|           |      |              |        |      |                                          |  |           |      |
|-----------|------|--------------|--------|------|------------------------------------------|--|-----------|------|
|           |      |              |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ              |  |           |      |
| Змн.      | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата |                                          |  |           |      |
| Розроб.   |      | Білий О.Ю.   |        |      | ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ<br>ЗМІШУВААННЯ<br>СУМІШЕЙ |  | Літ.      | Арк. |
| Перевір.  |      | Кассім Д.О.  |        |      |                                          |  |           | 1    |
|           |      |              |        |      |                                          |  |           | 11   |
| Н. Контр. |      | Кассім Д.О.  |        |      |                                          |  | МТ-23-2ск |      |
| Затверд.  |      | Бабошко Д.Ю. |        |      |                                          |  |           |      |

операцій. Сухий пісок і вибита суміш переміщуються пневмотранспортом по трубах діаметром 50 - 150 мм, що дозволяє відмовитися від громіздких стрічкових транспортерів, естакад, підземних траншей і повністю виключити пилення при транспортуванні .

Основним вузлом у кожній установці для приготування сумішей є змішувач. Існує безліч типів ливарних сумішей, які за характером роботи можна розділити на дві великі групи:

1) змішувачі циклічної (періодичної) дії. У змішувачах циклічної дії матеріал переміщується окремими порціями (замісами). Кожна нова порція може бути завантажена в змішувач лише після вивантаження з нього попереднього замісу. Це дозволяє регулювати тривалість циклу перемішування залежно від складу та призначення суміші, що готується.

2) змішувачі безперервної дії. У змішувачах безперервної дії завантаження, перемішування та вивантаження готової суміші відбувається одночасно і безперервно. Машини цього типу більш економічні, мають більшу продуктивність і легше автоматизуються.

Основною особливістю сумішей, що твердіють у холодному стані, є те, що вони твердіють без нагрівання чи іншого зовнішнього впливу, наприклад, без продування газоподібним каталізатором; існує зворотний взаємозв'язок між швидкістю їхнього затвердіння та тривалістю придатності. Це висуває певні вимоги до процесу приготування суміші і, отже, до змішувачів.

По-перше, процес приготування суміші повинен бути короткочасним — від 3 до 30 с, і, по-друге, суміш повинна використовуватися негайно після приготування.

Для приготування холоднотвердіючих сумішей (ХТС) найширше застосовують лопатеві змішувачі, що забезпечують досить високу якість перемішування компонентів суміші. Максимальні значення міцності суміші, як правило, досягаються при тривалості перемішування до 0,5 хв у змішувачах

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 2    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

безперервної дії та до 1 хв у змішувачах періодичної дії.

До основних елементів змішувача належать: змішувальна камера, один або два змішувальні вали з лопатками та приводом (див. рис. 1.1 і рис. 1.2), дозатори для подачі компонентів, витратні ємності та система управління для роботи в різних режимах (автоматичному, напівавтоматичному, налагоджувальному).

Змішувальна камера являє собою жолоб, у якому знаходиться шнек, тобто вал з лопатками, розташованими по гвинтовій лінії (див. рис. 1.3). При обертанні шнека компоненти суміші одночасно перемішуються і транспортуються вздовж осі шнека, а потім вивантажуються із змішувальної камери.

За конструкцією змішувальні камери бувають одновальні та, для інтенсифікації перемішування, двовальні (рис. 3.1. і 3.2).



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд змішувальної камери з одним валом

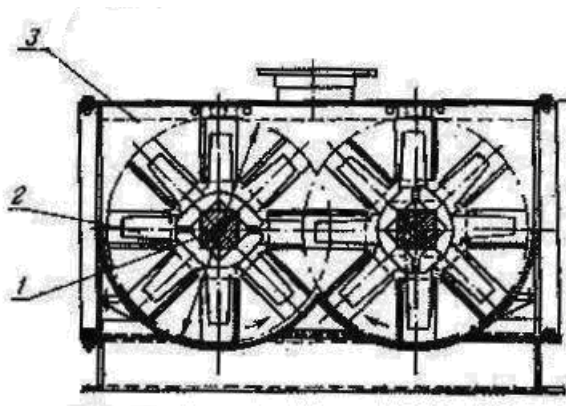


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд змішувальної камери з двома валами 1 – два

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 3    |

вали; 2 – лопаті; 3 – корпус



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд змішувальної камери

Установки ХТС бувають з однією та двома змішувальними камерами – рукавами (див. рис. 3.4 та рис. 3.5).



Рисунок 3.4 – Установка ХТС з одним змішувальним валом (рукавом)



Рисунок 3.5 – Установка ХТС з двома змішувальними валами (двома рукавами)

Перша камера (рукав) може бути тільки транспортною, що подає пісок, друга – змішувальною. Друга камера має вертикальний роз'єм, що зручно для чищення змішувача (. рис. 3.6), тому що через гвинтовий вал відбувається забивання камери.

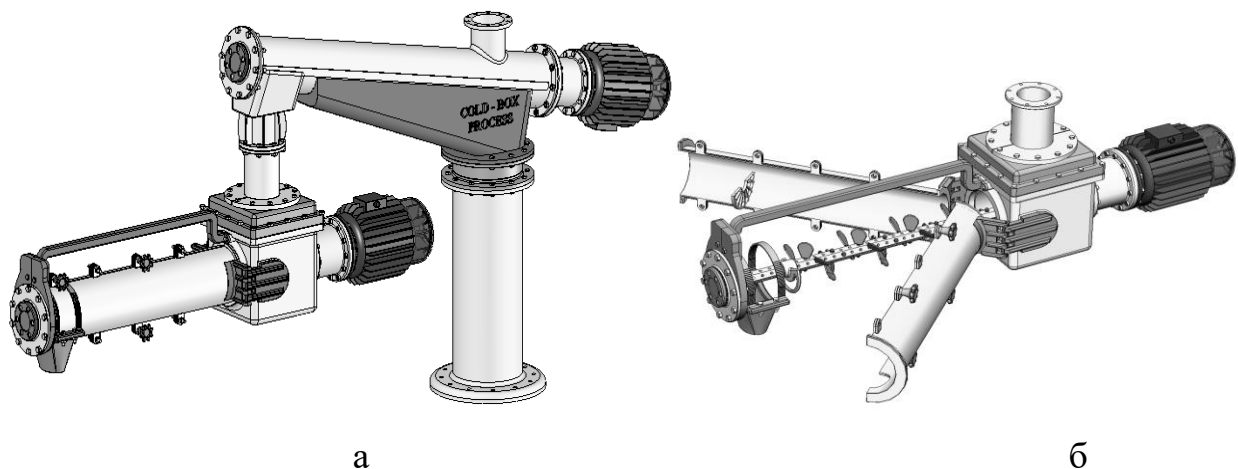


Рисунок 3.6 - Лопатевий дворукавний змішувач

а - загальний вигляд двокамерного (дворукавного) змішувача;

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 5    |

б - вигляд камери перемішування у розкритому вигляді

## Опис конструкції установки

Принцип роботи змішувача: у робочій порожнині змішувача швидкообертовий горизонтальний вал із змішувальними лопатками забезпечує перемішування піску, смоли та каталізатора (рис. 3.7). Компонування змішувальних лопаток дозволяє досягти необхідних характеристик міцності суміші при мінімальних витратах використовуваних сполучних речовин. Кожна лопатка має вольфрамове покриття, що забезпечує високу зносостійкість, і кріпиться до вала окремим болтом, що забезпечує легку процедуру її заміни. Ефективна система змішування, подачі сполучного та каталізаторів гарантує стабільно високу якість суміші на початку та в кінці змішування. Очищення змішувача від налиплої суміші забезпечується за рахунок горизонтального розкриття стулок рукава.

Регулювання подачі піску в змішувальну порожнину здійснюється дозуючою заслінкою, яка дозволяє працювати за кількома програмами: тільки свіжий пісок, тільки регенерат, свіжий пісок плюс регенерат. Це дозволяє підбирати оптимальну рецептуру суміші для приготування стрижня. Дозуюча заслінка встановлюється між живильним бункером піску та змішувачем.

Для дозування рідких сполучних речовин і каталізаторів застосовуються шестерні насоси, що забезпечують високу точність подачі. Конструкція насосів забезпечує відсутність протікань при впливі кислоти на ущільнення, оскільки крутний момент на вал ведучої шестерні передається за допомогою магнітної муфти.

Для простоти обслуговування та дотримання чистоти електрична панель управління та насоси для рідких хімічних компонентів винесені в окрему шафу управління, яка встановлюється у зручному місці.

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 6    |

Географічне розташування наших ливарних заводів характеризується великим діапазоном зміни температури залежно від пори року. У зв'язку з цим не завжди вдається забезпечити оптимальну температуру (18 - 25 ° С) на ділянці приготування суміші. Для стабільності технологічного процесу та підтримання потрібної температури піску пропонуються електричні нагрівачі різної продуктивності. Нагрівач встановлюється між бункером і дозуючою заслінкою подачі піску в змішувач. Поступлення піску в нагрівальний пристрій контролюється пневмозаслінкою. Пісок проходить через кілька блоків нагрівальних елементів.

Температура постійно контролюється термодатчиками, які подають сигнал системі управління блоком живлення нагрівальних елементів. У разі перегріву вся система відключається. Під час теплового літнього періоду пісок подається в змішувач, міняючи нагрівач (через обвідний клапан) .

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 7    |



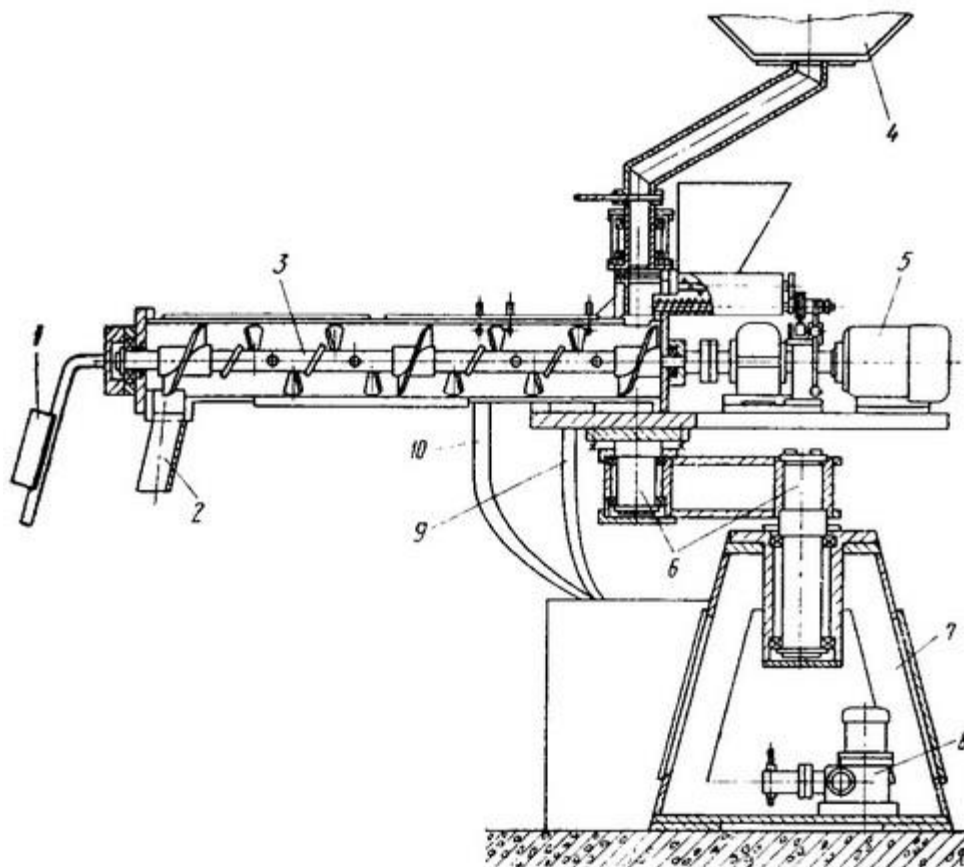


Рисунок 3.7 — Загальний вигляд установки ХТС для виготовлення стрижнів

1 — рукоятка з пультом управління, 2 — лоток видачі суміші, 3 — лопатевий змішувач, 4 — бункер з піском, 5 — привід, 6 — вісь повороту змішувача, 7 — основа, 8 — насоси-дозатори для перекачування рідких компонентів у змішувач, 9 — шланг для подачі смоли, 10 — шланг для подачі каталізатор

Визначимо об'ємну ємність змішувача

$$V_{\text{смес}} = \Pi \cdot t_{\text{пер}}, \quad (3.1)$$

де  $\Pi$  — продуктивність змішувача, т/год;

$t_{\text{пер}}$  - час перемішування, год.

$$V_{\text{смес}} = 5 \cdot 0,08 = 0,4 \text{ м}^3$$

Визначимо розміри корпусу змішувача

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 8    |

Радіус корпусу змішувача

$$R = \sqrt[3]{\frac{V_{смме}}{\cos\varphi \cdot \psi \cdot 2 \cdot i_{л}}}, \quad (3.2)$$

де  $\varphi - 45^\circ$  - кут нахилу лопатей до горизонту;

$\psi - 0,8$  – коефіцієнт наповнення

корпусу змішувача;

$i_{л}$  – кількість парних лопаток на валу,  $i_{л} = 36$ .

$$R = \sqrt[3]{\frac{0,4}{0,7 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 36}} = 0,2 \text{ м}$$

Ширина корпусу змішувача

$$B = 2 \cdot R \cdot (\cos\varphi + 1) \quad (3.3)$$

$$B = 2 \cdot 0,2 \cdot (0,7 + 1) = 0,68 \text{ м}$$

Робоча довжина корпусу

$$L = (0,12 \dots 0,14) \cdot i_{л} \cdot B, \quad (3.4)$$

$$L = 0,12 \cdot 36 \cdot 0,68 = 2,9 \text{ м.}$$

Висота корпусу

$$H = (2,3 \dots 2,4) \cdot R \quad (3.5)$$

$$H = 2,3 \cdot 0,2 = 0,46 \text{ м.}$$

Кількість обертів валів змішувача розраховується за емпіричною формулою

$$n_b = \left( \frac{96}{G_{см}} + 52 \right), \quad (3.6)$$

де  $G_{см}$  - вагова ємність змішувача в центнерах

$$G_{см} = 10 \cdot V_{см} \cdot \delta_0, \quad (3.7)$$

де  $\delta_0 = 1,2 \dots 1,4$  - об'ємна маса суміші,  $\text{т/м}^3$ .

$$G_{см} = 10 \cdot 0,4 \cdot 1,3 = 5,2 \text{ ц}$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             |      |

$$n_b = \left( \frac{96}{5,2} + 52 \right) = 70,5 \text{ об/хв}$$

Передавальне число редуктора при кількості обертів двигуна  $n_{\text{дв}}$

$$i_{\text{ред}} = \frac{n_{\text{дв}}}{N_{\text{дв}}} . \quad (3.8)$$

Потужність двигуна змішувача [4]

$$N_{\text{дв}} = K_y \cdot \frac{2K \cdot \omega^2 \cdot G_{\text{см}} \cdot i_n \cdot \gamma}{102 \cdot \eta} , \text{ кВт}, \quad (3.9)$$

де  $K_y = 1, 1, \dots, 1, 2$  – коефіцієнт установчої потужності;

$K$  - розрахунковий параметр, що залежить від властивостей суміші.

$$K = 0,7 + 3\zeta , \quad (3.10)$$

де  $\zeta$  - міцність суміші  $\text{кг/см}^2$

$$K = 0,7 + 3 \cdot 8,6 = 26,5 \text{ кг/см}^2$$

$\gamma$  - геометричний параметр плужків,  $\text{м}^4$

$$\gamma = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (r_2^3 - r_1^3), \quad (3.11)$$

де  $h, r_2, r_1$  – прийняті лінійні величини плунжерів, м

$$\gamma = \frac{1}{3} \cdot 0,035 \cdot (0,12^3 - 0,04^3) = 0,2 \text{ м}^4$$

$\omega$  - кутова швидкість обертання валів [4]

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} \quad (3.12)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 70,5}{30} = 7,4 \text{ с}^{-1} .$$

$$N_{\text{дв}} = 1,2 \cdot \frac{2 \cdot 26,5 \cdot 7,4^2 \cdot 5,2 \cdot 36 \cdot 0,2}{102 \cdot 0,9} = 1420 \text{ Вт}$$

$$i_{\text{ред}} = \frac{70,5}{1420} = 0,05$$

Крутний момент на кожному валу [4]

$$M_{кр} = 71620 \cdot \frac{1,3B \cdot N_{\partial\partial}}{2 \cdot n_{\partial} \cdot i_{ред}} \quad (3.13)$$

$$M_{кр} = 71620 \cdot \frac{1,3 \cdot 0,68 \cdot 1420}{2 \cdot 70,5 \cdot 0,05} = 1275222 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

Окружне зусилля, або сила, що згинає вал [4]

$$P = \frac{M_{кр}}{r_2}, \quad (3.14)$$

$$P = \frac{1275222}{0,12} = 1062685$$

Найбільший згинальний момент, що діє на вал [4]

$$M_{изг} = \frac{P \cdot L}{4} \quad (3.15)$$

$$M_{изг} = \frac{1062685 \cdot 2,9}{4} = 770447 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Розрахунковий момент [4]

$$M_{расч} = \sqrt{M_{изг} + 0,75M_{кр}} \quad (3.16)$$

$$M_{расч} = \sqrt{770447 + 0,75 \cdot 1275222} = 1314 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Діаметри валів змішувача [4]

$$d_{\partial} = \sqrt[3]{\frac{M_{расч}}{0,1 \cdot [\sigma_{изг}]}} \quad (3.17)$$

|      |      |          |        |      |                             |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01.03 ОЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                             |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 11   |

## ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі було виконано комплексне дослідження та проектування організації виробництва виливків у ливарному цеху із застосуванням сірого чавуну марки СЧ20.

1. Проведено організаційно-технічне обґрунтування виробничої програми ливарного цеху. Визначено номенклатуру виливків, річний обсяг виробництва та основні техніко-економічні показники роботи цеху. Річна програма виробництва становить 8000 тон придатного лиття.
2. Виконано аналіз базового та проектного технологічних процесів виробництва виливків. Встановлено, що застосування сучасних середньочастотних тигельних печей OTTO JUNKER дозволяє підвищити ефективність плавильного процесу, знизити витрати металу та скоротити рівень браку.
3. Розроблено організацію роботи основних ділянок ливарного цеху: формувального, плавильного, стрижневого, сумішоприготувального та обрубно-очисного відділень. Для кожного відділення визначено виробниче навантаження, потребу в обладнанні та персоналі.
4. Виконано розрахунок структурного балансу рідкого металу та визначено потребу в сировині й матеріалах для виробництва чавунних виливків. Визначено витрати формувальних та стрижневих сумішей, шихтових матеріалів і допоміжних компонентів.
5. Проведено вибір і розрахунок технологічного обладнання. Встановлено необхідну кількість формувальних машин, стрижневих машин, плавильних

|           |      |              |        |      |                         |  |      |      |         |   |
|-----------|------|--------------|--------|------|-------------------------|--|------|------|---------|---|
|           |      |              |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 В |  |      |      |         |   |
|           |      |              |        |      |                         |  |      |      |         |   |
| Змн.      | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата |                         |  |      |      |         |   |
| Розроб.   |      | Білий О.Ю.   |        |      | ВИСНОВКИ                |  | Літ. | Арк. | Акрушів |   |
| Перевір.  |      | Кассім Д.О.  |        |      |                         |  |      |      | 1       | 2 |
|           |      |              |        |      |                         |  |      |      |         |   |
| Н. Контр. |      | Кассім Д.О.  |        |      |                         |  |      |      |         |   |
| Затверд.  |      | Бабошко Д.Ю. |        |      |                         |  |      |      |         |   |
|           |      |              |        |      |                         |  |      |      |         |   |
|           |      |              |        |      | МТ-23-2ск               |  |      |      |         |   |

6. печей, вибивного та очисного обладнання. Отримані результати підтверджують можливість забезпечення заданої виробничої програми.
7. У технологічній частині виконано аналіз технологічності конструкції виливка «Корпус» із сірого чавуну СЧ20. Обґрунтовано вибір способу формування, положення виливка у формі, призначення технологічних припусків та конструктивних елементів.
8. Встановлено, що використання сірого чавуну СЧ20 є доцільним завдяки його добрим ливарним властивостям, достатній міцності, високій зносостійкості та технологічності при виготовленні корпусних деталей.
9. Проведений аналіз показав, що запропоновані технологічні та організаційні рішення забезпечують стабільність виробничого процесу, зниження собівартості продукції, підвищення якості виливків і покращення ефективності роботи ливарного цеху.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 В | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 2    |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів [Текст] : підруч.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко т ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.1. – Бібліогр.:с. – 582.
2. Федоров Г.Є. Проектування ливарних цехів [Текст] : підруч.: у 2 ч. / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко т ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.2. – Бібліогр.:с. – 380.
3. Пархоменко А.В. Ремонт та експлуатація обладнання ливарного виробництва[Текст]: навч. посібник / А.В.Пархоменко, В.В.Наумик, В.В.Луцьков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. – 260с.
4. Формувальні матеріали [Текст] : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / Р. В. Лютий, І. М. Гурія ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 257 с.
5. Технологія ливарної форми (ТЛФ) : навчальний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів галузі знань 13 "Механічна інженерія", спеціальності 136 "Металургія" спеціалізації "Ливарне виробництво" / А.М. Фесенко ; Міністерство освіти і науки України, Донбаська державна машинобудівна академія, Кафедра технологій і обладнання ливарного виробництва. - Краматорськ : ДДМА, 2017. - 112 с.
6. Іванова, Л. Х., Шапран, Л. О. Ливарне виробництво: технологія фасонного литва: навч. посіб. / Л. Х. Іванова, Л. О. Шапран. – Дніпро: НМетАУ, 2021. – 256 с.

|           |      |              |        |      |                                  |  |  |  |           |      |         |   |   |
|-----------|------|--------------|--------|------|----------------------------------|--|--|--|-----------|------|---------|---|---|
|           |      |              |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 СВД        |  |  |  |           |      |         |   |   |
| Змн.      | Арк. | № докум.     | Підпис | Дата | СПИСОК<br>ВИКОРИСТАНИХ<br>ДЖЕРЕЛ |  |  |  | Літ.      | Арк. | Акрушів |   |   |
| Розроб.   |      | Білий О.Ю.   |        |      |                                  |  |  |  |           |      |         | 1 | 2 |
| Перевір.  |      | Кассім Д.О.  |        |      |                                  |  |  |  | МТ-23-2ск |      |         |   |   |
|           |      |              |        |      |                                  |  |  |  |           |      |         |   |   |
| Н. Контр. |      | Кассім Д.О.  |        |      |                                  |  |  |  |           |      |         |   |   |
| Затверд.  |      | Бабошко Д.Ю. |        |      |                                  |  |  |  |           |      |         |   |   |

- 7.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки [Текст] : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк., О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк ; Вінниц. нац. техн. ун-т. - Вінниця : ВНТУ, 2009. - 198 с.
- 8.Конструкція і технологія виготовлення ливарних заготовок [Текст] : навч. посіб. / А. С. Аралкін. - Кривий Ріг : Вид. центр КТУ, 2011. - 164 с
- 9.Модельна оснастка для виробництва виливків у піщаних формах. Дорошенко С. П., Федоров Г. Є. Навчальний посібник. – К.: Політехніка, 2001. – 108 с., 2003. – 112 с.
- 10.Корицький Г. Г., Маняк М. О., Пасічник С. Ю. Технологія ливарного виробництва: навчальн. посібн. для ВНЗ. Донецьк: ДонНТУ, 2008. 175 с.
- 11.Технології виробництва заготовок литтям [Текст] : навч. посіб. для здобувачів вищ. освіти галузі знань 13 "Механічна інженерія" / Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик ; Тернопіл. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. - 491 с.
- 12.Виробництво виливків [Текст] : підручник / О. Л. Голубенко [та ін.] ; Східноукраїнський національний ун-т ім. Володимира Даля, Магдебурзький ун-т ім. Отто-фон-Гюріке. - Луганськ : СНУ ім.В.Даля, 2009. - 328 с.:
- 13.Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва [Текст] : навч. посіб. / А. М. Верховлюк, А. В. Нарівський, В. Г. Могилатенко ; за ред. акад. НАН України В. Л. Найдека ; НАН України, Фіз.-технол. ін-т металів та сплавів. - Київ : Вініченко, 2016. - 223 с.
14. Виробництво чавуну для виливків [Текст] : навч. посіб. / О. М. Смірнов, В. Л. Жук, А. І. Туяхов. - Донецьк : Норд-Прес, 2010. - 255 с.
15. Модифікація структури високолегованих чавунів та нанесення захисних покриттів висококонцентрованими джерелами енергії [Текст] : монографія / [Ю. Г. Чабак та ін.] ; Держ. ВНЗ "Приазов. держ. техн. ун-т". - Луцьк : Вежа-Друк, 2024. - 283 с.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КНУ.РБ.136.26.112с-01 СВД | Арк. |
|      |      |          |        |      |                           |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 2    |