

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

Кафедра ливарного виробництва

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

“ ___ ” _____ 2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеню бакалавра

зі спеціальності 136 «Металургія»

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»

на тему: Розроблення технології виготовлення вилівка «Корпус підшипника» із сірого чавуну СЧ150 та планування плавильного відділення ливарного цеху

Виконав: здобувач **4** курсу, групи **ФЛ-01**

Панченко Максим Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник

асистент Іванченко Дмитро Вікторович

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з охорони праці

Зав. каф., д.т.н., професор Левченко Олег

Григорович

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з економічної частини

к.е.н., доцент Нараєвський Сергій Вікторович

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

з нормоконтролю

д.т.н., доцент Лютий Ростислав Володимирович

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2024 р.

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

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»

Спеціальність 136 Металургія

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

“ _____ ” _____ 2024 р.

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

Панченку Максиму Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: «Розроблення технології виготовлення виливка «Корпус підшипника» із сірого чавуну СЧ150 та планування плавильного відділення ливарного цеху»

керівник проекту: _____ асистент Іванченко Д. В.

затверджені наказом по університету № 2210-С від «30.05.2024» червня 2024 року.

2. Строк подання студентом дисертації: 10 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту: матеріали, зібрані у процесі проходження практики; літературні джерела за тематикою дисертаційної роботи; державні стандарти та інші нормативні документи; проєктна потужність ливарного комплексу підприємства – 15000 т придатних виливків на рік; номенклатура ливарного комплексу із 30 найменувань виливків масою від 0,33 кг до 9,4 кг із чавунів різних марок.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: 4.1 Провести аналіз виробничої програми ливарного комплексу; 4.2 Спроекувати плавильне відділення ливарного цеху машинобудівного заводу; 4.3 Розробити технологію виготовлення виливка у разових піщаних формах із сірого чавуну; 4.4 Розрахувати основні параметри та спроекувати індукційну плавильну піч; 4.5 Розрахувати техніко-економічні показники; 4.6 Розробити заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу: 5.1 План плавильного відділення;

5.2 Технологія виготовлення виливка «Корпус підшипника»; 5.3 Модельна плита верху або низу із моделями; 5.4 Стрижневий ящик; 5.5 Форма у складеному вигляді; 5.6 Індукційна плавильна піч; 5.7 Техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів дисертації

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Економічна частина | к.е.н, ст. викладач Нараєвський Сергій Вікторович | | |
| Охорони праці | д.т.н., зав. каф. охорони праці, промислової та цивільної безпеки Левченко Олександр Григорович | | |

7. Дата видавання завдання: 15 квітня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проєкту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1 | Практика | 15.04.24-19.05.24 р. | |
| 2 | Аналіз номінальної виробничої програми ливарного комплексу | до 21.05.24 р. | |
| 3 | Проектування плавильного відділення | до 02.06.24 р. | |
| 4 | Розроблення технології виготовлення виливка | до 06.06.24 р. | |
| 5 | Розрахунок та проектування індукційної плавильної печі | до 07.06.24 р. | |
| 6 | Виконання економічної частини проєкту | до 08.06.24 р. | |
| 7 | Виконання частини проєкту щодо охорони праці | до 09.06.24 р. | |
| 8 | Виконання графічної частини проєкту | до 10.06.24 р. | |
| 9 | Оформлення розділів дипломного проєкту | до 10.06.24 р. | |
| 10 | Рецензування дипломного проєкту | до 18.06.24 р. | |
| 11 | Захист дипломного проєкту | 22.06.24 р. | |

Студент

Максим ПАНЧЕНКО

Керівник проєкту

Дмитро ІВАНЧЕНКО

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: «Розроблення технології виготовлення виливка «Корпус підшипника» із сірого чавуну СЧ150 та планування плавильного відділення ливарного цеху»

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 191 с, 26 рис, 27 табл.

Мета роботи: Розроблення технології виготовлення виливка «Корпус підшипника» із сірого чавуну СЧ150 та планування плавильного відділення ливарного цеху»

Методика дослідження: Розробка технології виготовлення виливка у разових піщаних формах із сірого чавуну; Розрахунок основних параметрів та проектування індукційної плавильної печі; Проектування креслення виливка «Корпус підшипника»; Проектування креслення «Модельна плита верху та низу із моделями; Проектування креслення «Стрижневий ящик»; Проектування креслення «Форма у складеному вигляді».

Результати роботи: Було розроблено технологію виготовлення виливка у піщанні форми із сірого чавуну та спроектовані наступні графічні об'єкти: «Корпус підшипника», «Модельна плита верху та низу із моделями», «Стрижневий ящик», «Форма у складеному вигляді». Був розрахований техніко-економічний показник, та розроблені заходи з охорони праці відповідно до плану плавильного відділення, та технології виготовлення виливка.

СІРИЙ ЧАВУН СЧ 150, СЧ200, ПГ СУМІШ ФОРМУВАЛЬНА ЛІНІЯ В715,
ІНДУКЦІЙНА ТИГЕЛЬНА ПІЧ, ПЛАВИЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | РЕФЕРАТ | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 6 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

ABSTRACT

Graduate work: 91 pages, 26 figures, 27 tables

Thesis: Development of Technology for Manufacturing the "Bearing Housing" Casting from Gray Iron FC150 and Planning the Melting Department of the Foundry Shop

Objective: To develop a technology for manufacturing the "Bearing Housing" casting from gray iron FC150 and to plan the melting department of the foundry shop.

Methodology: Development of technology for manufacturing the casting in sand molds made of gray iron;

Calculation of the main parameters and design of an induction melting furnace; Design of the drawing of the "Bearing Housing" casting; Design of the drawing of the "Top and Bottom Mold Plate with Models"; Design of the drawing of the "Core Box"; Design of the drawing of the "Mold in Assembled Form".

Results: A technology for manufacturing the casting in a sand mold made of gray iron was developed; The following graphic objects were designed: "Bearing Housing", "Top and Bottom Mold Plate with Models", "Core Box", "Mold in Assembled Form"; The technical and economic indicator was calculated; Occupational safety measures were developed in accordance with the plan of the melting department and the technology for manufacturing the casting.

GRAY IRON FC150, FC200, PG SAND MIXING LINE B715, INDUCTION CRUCIBLE FURNACE, MELTING DEPARTMENT

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | Панченко | | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | Іванченко | | | | 7 | 209 | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | ABSTRACT | | |

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 12 |
| 1. Конструювання виливка | 13 |
| 1.1 Аналіз конструкції деталі | 13 |
| 1.2 Розрахунок припусків на обробку | 16 |
| 1.3 Спряження стінок | 18 |
| 1.4 Ливарні ухили стінок | 18 |
| 2. Вибір технологічного процесу | 19 |
| 3. Вибір стрижня та розрахунок його меж | 20 |
| 4. Обґрунтування положення моделі у формі | 21 |
| 5. Вибір площини роз'єму моделі у формі | 22 |
| 6. Розрахунок розмірів та вибір опок | 24 |
| 7. Розрахунок ливникової системи | 27 |
| 7.1 Вибір підводу металу | 27 |
| 7.2 Розрахунок тривалості заливки | 28 |
| 7.3 Розрахунок напору | 28 |
| 7.4 Розрахунок площі перерізу живильників | 29 |
| 8. Вибір формувальної та стрижневої сумішей | 34 |
| 8.1 Формувальна суміш | 34 |
| 8.2 Стрижнева суміш | 36 |
| 8.3 Метод запобігання пригару | 39 |
| 9. Модельна оснастка | 40 |
| 9.1 Модельна плита | 40 |
| 9.2 Модель | 41 |
| 9.3 Стрижневий ящик | 45 |
| 10. Технологія виготовлення виливка | 48 |
| 10.1 Технологія підготовки формувальної суміші | 48 |

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | Панченко | | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | Іванченко | | | | | 8 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | ЗМІСТ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | КПІ | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |

| | | |
|--------|--|-----|
| 10.1.1 | Оборотна суміш | 48 |
| 10.1.2 | Свіжа суміш | 49 |
| 10.1.3 | Підготовка суміші | 49 |
| 10.2 | Технологія підготовки стрижневої суміші | 50 |
| 10.3 | Технологія формовки | 50 |
| 10.4 | Технологія заливки | 53 |
| 10.5 | Технологія вибивки та очищення | 53 |
| 10.6 | Розрахунок піднімальної сили стрижня | 54 |
| 11. | Витрати формувальної суміші на тонну литва | 57 |
| 11.1 | Витрата стрижневої суміші на тонну литва | 58 |
| 12. | Розрахунок виходу придатного литва | 60 |
| 13. | Аналіз виробничої програми | 62 |
| 14. | Класифікація цеху | 67 |
| 15. | Визначення типу і структури ливарного цеху | 68 |
| 16. | Режим роботи ливарних цехів і фонди часу роботи устаткування і робітників | 72 |
| 17. | Проектування виробничих відділень | 75 |
| 17.1 | Плавильне відділення | 75 |
| 17.2 | Розрахунок парку ковшів | 86 |
| 18. | Розрахунок індукційної печі | 87 |
| 18.1 | Розрахунок розмірів печі | 87 |
| 18.2 | Футерівка печі | 91 |
| 18.3 | Тепловий розрахунок печі | 92 |
| 19. | Розрахунок теплових витрат | 95 |
| 19.1 | Теплові витрати теплопровідності крізь стінку печі | 95 |
| 19.2 | Теплові витрати теплопровідністю крізь подину печі | 99 |
| 19.3 | Теплові витрати теплопровідністю крізь кришку печі | 101 |
| 19.4 | Теплові витрати випроміненням | 102 |
| 19.5 | Сумарні теплові витрати | 103 |
| 20. | Розрахунок потужності печі | 105 |

| | |
|--|-----|
| 21. Електричний розрахунок печі | 106 |
| 22. Вибір трансформатора | 110 |
| 23. Формувально-складально-заливальне відділення | 111 |
| 24. Стрижневе відділення | 117 |
| 25. Сумішеприготувальне відділення | 127 |
| 26. Відділення фінішних операцій | 131 |
| 27. Схемо вантажопотоків цеху і внутрішньо цеховий транспорт | 137 |
| 28. Будівельна частина | 139 |
| 29. Енергетична частина проекту | 145 |
| 29.1 Електроенергія | 145 |
| 30. Стиснуте повітря | 150 |
| 31. Вода | 151 |
| 32. Газопостачання | 152 |
| 33. Охорона праці | 153 |
| 33.1 Загальна характеристика об'єкту | 154 |
| 33.2 Аналіз небезпечних факторів | 158 |
| 33.3 Вентиляція | 161 |
| 33.4 Мікроклімат | 165 |
| 33.5 Опалення | 166 |
| 33.6 Освітленість | 167 |
| 33.7 Пожежна безпека | 169 |
| 33.8 Електронезбезпека | 170 |
| 34. Організаційно-економічний розділ | 174 |
| 34.1 Організаційний розділ | 174 |
| 34.1.1 Розрахунок кількості працівників | 174 |
| 34.1.2 Розрахунок фондів заробітної плати | 178 |
| 34.1.3 Розрахунок продуктивності праці | 181 |
| 34.2 Економічний розділ | 181 |
| 34.2.1 Розрахунок капітальних вкладень | 181 |
| 34.3 Визначення собівартості одиниці продукції | 188 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| | |
|---|-----|
| 34.4 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення | 192 |
| 35. ДОДАТОК А | 195 |
| 36. ДОДАТОК Б | 196 |
| 37. ДОДАТОК В | 197 |
| 38. ДОДАТОК Г | 198 |
| 39. ДОДАТОК Д | 199 |
| 40. ДОДАТОК Е | 200 |
| 41. Список використаної літератури | 201 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Ливарне виробництво – це галузь металургії, що займається виготовленням фасонних деталей і заготовок шляхом заливання розплавлених металів, їхніх сплавів чи інших матеріалів у форму, порожнина якої має конфігурацію заготовки (деталі).

Значення ливарного виробництва виключно велике. Немає жодної галузі машинобудування і приладобудування, де б не використовували литі деталі. В машинобудуванні маса литих деталей складає біля 50% маси машин і механізмів, в верстатобудуванні – біля 80%, в тракторобудуванні – біля 60%. Це пояснюється рядом переваг ливарного виробництва в порівнянні з іншими способами отримання заготовок або готових виробів. Литтям отримують деталі як простої, так і дуже складної форми, які неможливо або дуже складно отримати іншими способами.

Найбільш простим та легким способом виготовлення виливів, з боку кількості та складності операцій при виготовленні – є лиття в піщано-глинясті форми, оскільки воно має ряд переваг перед іншими: полегшує навчання працівників на виробництві, невеликі витрати і собівартість продукції, можливість перероблення відходів виробництва перероблення відпрацьованої суміші та браку виливків, тощо), що і утримує даний вид лиття на плаву та з кожним роком додає науковцям, у даній сфері, натхнення для модернізації та удосконалення цих процесів.

Завданням даної переддипломної практики є збір матеріалів для виконання дипломного проекту, що включає в себе розроблення технології виготовлення чавунного виливка та проектування технологічного відділення.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Вступ | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 12 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

1 КОНСТРУЮВАННЯ ВИЛИВКА

1.1 Аналіз конструкції деталі

Виливок «Корпус підшипника» має циліндричну форму, тіла обертання.

Складається з двох циліндрів різних діаметрів та висоти. Згідно класифікації по складності відноситься до категорії простих виливків.

Згідно класифікації по масі – до дрібних виливків (маса до 10 кг).

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика деталі «Корпус підшипника»

| | |
|---|-----------------------------------|
| Матеріал деталі | Чавун СЧ-150 ДСТУ 2891-94 |
| Форма деталі | Циліндрична, тіло обертання |
| Маса деталі, кг | 4 |
| Маса виливка (з повною ливниковою системою) | 4,8 (120% від деталі, з випаром) |
| Група виливків за масою | 1 (дрібні, до 10 кг) |
| Габаритні розміри деталі, мм | Діаметр 180, висота –75 |
| Мінімальна товщина стінки, мм | 3,5 (литвом не виконується) 12 |
| Максимальна товщина стінки, мм | 17 |

Таблиця 1.2 – Хімічний склад чавуну СЧ-150 ДСТУ 2891-94

| C | Si | Mn | S | P |
|-----------|---------|-----------|--------|-------|
| 0,22-0,30 | 2,0-2,4 | 0,50-0,80 | ≤ 0,15 | ≤ 0,2 |

Таблиця 1.3 – Механічні властивості чавуну СЧ-150

| Властивість | Значення |
|--|--------------|
| Твердість | НВ 130 – 241 |
| Модуль пружності, $E \cdot 10^{-4}$, МПа | 6-8 |
| σ_{zg} – межа міцності при згині, МПа | 350 |
| $\sigma_{ст}$ – межа міцності при стисненні, МПа | 500-800 |
| δ_1 , відносна осадка при стисненні, % | 20-40 |
| σ_{-1} – межа витривалості, МПа | 70-90 |
| $\sigma_{кр}$ – межа міцності при крученні, МПа | 240-320 |
| τ_{-1} – межа витривалості, МПа | 60-80 |
| σ_B – межа міцності на розтяг, МПа | 110 |

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|------|---------|
| Розроб. | Панченко | Конструювання виливка | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | Іванченко | | | 13 | 209 |
| Реценз. | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | |

Кінець таблиці 1.3

| Властивість | Значення |
|--|----------|
| δ_2 , відносне видовження, % | 0,2-1,0 |
| G – модуль дотичної пружності, $G \cdot 10^{-4}$, МПа | 4,0-4,4 |

Таблиця 1.4 – Фізичні властивості чавуну СЧ-150

| Властивість (при 20°C) | Значення |
|--|----------|
| Густина, кг/м ³ | 7000 |
| Лінійна усадка, % | 1,1 |
| Питома теплоємність при 20 до 200°C, кДж/(кг*°C) | 0,460 |
| Коефіцієнт лінійного розширення при 20 до 200°C, кДж/(кг*°C) | 9,0 |
| $\alpha \cdot 10^{-1} / ^\circ\text{C}$ | 59 |
| Теплопровідність при 20°C, Вт/(м*°C) | |

Таблиця 1.5 – Аналіз технологічності литої деталі

| Група виливків за складністю | 1 (прості виливки) |
|--|--|
| Кількість отворів та короткий опис отворів | а) Один центральний, наскрізний, ступінчастий, діаметрами 120 та 95 мм з канавками та фасками. Виконується стрижнем. б) 6 отворів на глибину 18 мм, для кріплення, діаметром 6 мм, по периметру деталі (литвом не виконуються) в) 3 наскрізних отворів для кріплення діаметром 12 мм, по периметру деталі (литвом не виконуються) г) 6 наскрізних отворів для кріплення діаметром 11 мм, по периметру деталі (литвом не виконуються) |
| Кількість оброблюваних поверхонь | 7. Три поверхні литвом не виконуються технологічно. Решта – 1 плоска, 3 – циліндричні (див. табл. 1.6) |
| НАЯВНІСТЬ ЛИВАРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ | |
| Наявність ухилів на зовнішніх поверхнях | Відсутні в деталі, проектується у виливку |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

Кінець таблиці 1.5

| | |
|--|--|
| Наявність виступів та западин на зовнішніх та внутрішніх поверхнях | а) заглиблення глибиною 2 мм та шириною 42 мм. Литвом не виконується. б) колова западина діаметром 95 мм в центральному отворі. Литвом не виконується в силу неможливості отримання стінки 3, 5 мм (див. креслення ливарної технології) |
| Наявність фасок | а) Зовнішня фаска 3мм*45° на поверхні виливка. Виконується границями ливарної форми б) внутрішні фаски в отворі. Литвом не виконуються. |
| Наявність галтелей, спряжень, ливарних радіусів | Відсутні у деталі, проектуються у виливку. |
| Наявність термічних вузлів | Відсутні |

Таблиця 1.6 – Поверхні, які оброблюються

| Характерний розмір, мм | Клас шорсткості | Шорсткість, | | Спосіб оброблення | Вид кінцевого оброблення |
|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----|--|--------------------------|
| | | Ra, мкм | Rz, | | |
| Поверхні всіх отворів кріплення | | Литвом не виготовляються | | | |
| Стінка товщиною 3,5 мм | | Литвом не виготовляється | | | |
| Фаска | | Литвом не виготовляється | | | |
| Стінка товщиною 17 мм | 4 | 6,3 - I ряд припу сків | 40 | точіння, стругання, фрезерування | Напівчистове |

Кінець таблиці 1.6

| | | | | | |
|--------------------------------|---|--------------------------|----|--|--------------|
| Циліндр діаметром 144 мм | 4 | 6,3 - I ряд припусків | 40 | точіння, | Напівчистове |
| Циліндр діаметром 120 мм | 6 | 1,6 - I ряд припусків | 10 | точіння, зенкування, протягування, шліфування | Чистове |
| Циліндр діаметром 95 мм | 6 | 1,6 - I ряд припусків | 10 | точіння, зенкування, протягування, шліфування | Чистове |

1.2 Розрахунок припусків на обробку

Припуски на механічне оброблення встановлюємо за ДСТУ 8981:2020.

1. Встановлюємо клас розмірної точності виливка.

При литві в сирі піщано-глинисті форми (вологістю 3,1 – 3,5%, твердістю 120-160 кПа) при найбільшому розміру виливка 180 мм та сплавів чавуну з подальшою термообробкою визначаємо клас точності 8-13т.

2. Визначаємо ступінь жолоблення виливка.

При відношенні найменшого розміру елемента виливка до найбільшого $10/180 = 0,06$, ступінь жолоблення буде 6-9.

3. Визначаємо ступінь точності поверхні виливка.

При литті в сухі піщано-глинисті форми з максимальним розміром виливка 180 мм, для чавунних виливків з подальшою т/о, ступінь точності поверхні становить 11-18.

4. Клас точності маси виливка визначаємо при масі виливка 4 кг для чавуну та при литті в сирі піщано-глинисті форми становить 7т-14.

5. Визначаємо номер рядів припуску. Цей ряд становить 4-7.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 1.7 – Класи точності виливка

| Тип технологічного процесу | Лиття в сирі піщано-глинисті форми (маса виливка до 10 кг) |
|------------------------------------|---|
| Клас розмірної точності виливка. | 8-13т |
| Ступінь жолобості виливка. | 6-9 |
| Ступінь точності поверхні виливка. | 11-18 |
| Клас точності маси виливка | 7т-14 |
| Номер рядів припусків | 4-7 |

Таблиця 1.8 – Допуски та припуски на оброблення

| Номінальний розмір, мм | Допуск розміру, мм | Допуск форми, мм | Вид оброблення | Загальний допуск, мм | Загальний припуск на сторону, мм |
|------------------------|--------------------|------------------|----------------|----------------------|----------------------------------|
| Стінка товщиною 17 | 2,4 | 0,56 | Напівчистове | 2,4 | 2,8 |
| Циліндр діаметром 144* | 4,0 | 0,74 | Напівчистове | 4,0 | 4,2 |
| Циліндр діаметром 120 | 4,0 | 0,56 | Чистове | 4,0 | 4,8 |
| Циліндр діаметром 95 | 3,6 | 0,56 | Чистове | 4,0 | 4,8 |

* заглиблення висотою 42 мм та глибиною 2 мм в тіло деталі (частину зовнішньої поверхні) оформлюємо загальним припуском, щоби не ускладнювати зовнішній контур вилівка при формуванні.

Отже, точність вилівка становить 11– 7 – 14 – 11 ДСТУ 8981:2020.

1.3 Спряження стінок

У вилівку присутні Г-подібні спряження стінок.

Таблиця 1.9 – Г-подібні спряження стінок

| Сторона 1. Товщина, мм | Сторона 2. Товщина, мм | Відношення товщин відмінних сторін | Внутрішній радіус спряження, мм | Зовнішній радіус спряження, мм |
|---------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 17 | 20 | ≈1,2 | Оформлюється стрижнем | Не оформлюється |
| 13 | 17 | 1,3 | 5 | Не оформлюється |

1.4 Ливарні ухили стінок

Таблиця 1.10 – Ливарні ухили стінок

| Висота стінки, мм | Ухил, град |
|-------------------|------------|
| 63 | 5 |
| 12 | 11,5 |

2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Так як виливок має просту конфігурацію, малу масу та серійне виробництво, то доцільно вибрати формовку по-сирому. При цьому відпадає необхідність сушки форм. Міцність форми при стисканні при формовці по-сирому – в межах від 0,05 до 0,20 МПа;

Застосовується машинна формовка, в парних опоках як найбільш ефективний (в плані зменшення витрати матеріалів, швидкості та точності виконання планових операцій, найменша трудомісткість виготовлення, потрібна менша кваліфікація персоналу при машинній формовці, можливість механізації та автоматизації тощо) метод при серійному виробництві виливків.

Стосовно вибору формувальної суміші, то можна вибирати між деякими варіантами, наприклад формовкою в суміші ХТС, РСС, ПСС. Перший варіант є занадто дорогим для простого за формою та дрібного за масою виливка. До того ж суміші на основі ХТС дуже отруйні. Форма на рідкому склі (РСС) має суттєвий недолік – трудомісткість вибивання виливка та стрижня з форми та повна неможливість регенерації суміші, що не є раціональним при серійному виробництві. Метод виготовлення форм з пластичнотвердіючих смол (ПСС) доцільно застосовувати для виготовлення форм середніх та крупних виливків. Корпус підшипника не є деталлю до роботи якої пред'являються підвищені вимоги (робота під ударними навантаженнями, в агресивних середовищах тощо), тому витрати на виготовлення таких деталей описаними вище методами (ХТС, РСС, ПСС) можуть бути не обґрунтовано високими в порівнянні з можливістю виготовити цю деталь більш дешевими та простимим засобами.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Вибір технологічного процесу | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 19 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

3. ВИБІР СТРИЖНЯ ТА РОЗРАХУНОК ЙОГО МЕЖ

Вибираємо один центральний вертикальний стрижень, який оформлює центральний отвір вилівка. Стрижень ступінчастий, з ділянками різних діаметрів та висоти.

Фіксація стрижня забезпечується нижнім вертикальним знаком – широкою опорною поверхнею. Додаткових спеціальних фіксаторів не потребується. Зовнішня поверхня вилівка легко оформлюються контурами форми при формуванні і тому тут стрижні не потрібні.

Так як стінку 3,5 мм при литті чавуну в піщано-глинисті форми виконати литвом дуже важко (або навіть неможливо), то цю ділянку при литті також оформлюємо стрижнем, після чого подальшою механічною обробкою знімаємо шари западини для отримання 3,5 мм - ової стінки в деталі. Максимальний діаметр стрижня – 100 мм, довжина – 170 мм. Розраховуємо розмірів знаків стрижня.

Результати заносимо в таблицю (3.1)

Таблиця 3.1 – Розміри знакових частин стрижня

| Стрижень | Довжина без знаку, мм | Максимальний діаметр, мм | Довжина знаку, мм | Зазор, мм | Ухил, ° |
|--------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--|-----------------------|
| Вертикальний | 75 | 110 | нижній -30 верхній-20 | Нижній горизонтальний - 0,6 Верхній: горизонтальний – 0,6, вертикальний – 0,7 | низ - 7, верх – 10 |

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|----------|--------|------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Панченко | | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | Іванченко | | | | | 20 | 209 |
| Реценз. | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | |

4. ОБҐРУНТУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ МОДЕЛІ У ФОРМІ

Аналізуючи вилівок «Корпус підшипника» щодо традиційних вимог положення чавунного вилівка в формі, можна орієнтуватись на такі положення:

- Враховуючи земне тяготіння, найбільш щільна частина металу у вилівку розташована в нижній частині вилівка, а у верхній як правило, скупчуються засори, усадкова раковини, рихлоти. Тому слід весь (або більшу частину вилівка) розташувати в нижній напівформі. Це правило завдяки конфігурації вилівка, виконується (можна розмістити весь вилівок у нижній напівформі);
- Згідно попередньої схеми розташування вилівка (весь в нижній напівформі) виконується і інше правило – основні оброблені поверхні знаходяться внизу вилівка або вертикально;
- Деталі циліндричної форми невеликої висоти, з обробленими внутрішніми отворами повинні заливатись у вертикальному положенні;
- Внутрішній стрижень при заливці має займати найбільш стійке положення. Це досягається при вертикальному стрижні на широкій опорі. Горизонтальний стрижень менш стійкий на предмет впливання під дією Архимедової сили.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Обґрунтування положення моделі у формі | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 21 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

5. ВИБІР ПЛОЩИНИ РОЗ'ЄМУ МОДЕЛІ У ФОРМІ

Вибираючи поверхню роз'єму форми для виливка «Корпус підшипника» слід зауважити на наступні правила:

- Поверхня роз'єму має бути горизонтальною, щоби при заливці не кантувати форму;
Роз'єм повинен забезпечувати мінімальну кількість стрижнів, або, краще, їх відсутність. Даний виливок виконати без стрижня технологічно неможливо при будь-якій поверхні роз'єму;
- Вибраний роз'єм форми повинен забезпечити зручність набивки форми, зборки, надійність установки стрижнів, зручність контролю розмірів форми, безперешкодне виймання моделі з форми. При показаній на рис. 5.1 площині роз'єму, дане правило цілком виконується;
- Розташування моделі цілком в одній напівформі попереджує перкіс форми відносно площини роз'єму у разі виконання у двох напівформах. Так, в даному виливку перпендикулярність стінок має бути не більше 0,06 мм одна відносно другої. Тому розташовувати ці стінки в різних напівформах недопустимо;
- Поверхня роз'єму форми повинна бути плоскою, що виконується.
- Роз'єм має бути таким, щоби стрижень фіксувався в нижній напівформі, без підвісних частин

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Вибір площини роз'єму моделі у формі | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 22 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

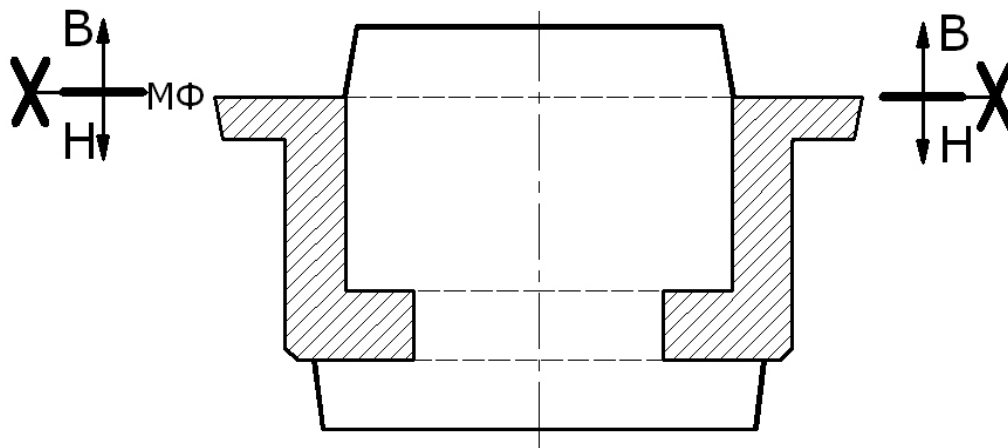


Рисунок 5. 1 – Положення моделі в формі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

6. РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ТА ВИБІР ОПОК

Габаритний розмір вилівка складає 180 мм. Один вилівок в опоці розміщувати недоцільно, так як він доволі дрібний і витрати формувальної суміші та металу на ливникову систему будуть досить завищені. Розрахуємо опоку на 2 вилівка. Опока на 4 вилівка буде надто громіздка.

Рекомендовані відстані між моделями та елементами форм залежать від маси вилівка. Так при масі вилівка 5...10 кг, рекомендовані відстані наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Рекомендовані відстані між моделями та елементами форм

| Від верху моделі до верху опоки, мм | Від низу моделі до низу опоки, мм | Від моделі до стінок опоки, мм | Від кромки стояка до стінки опоки, мм | Між кромками моделей, мм | Від кромки шлаковловлювача до кромки моделі, мм |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---|
| 50 | 60 | 30 | 30 | 40 | 30 |

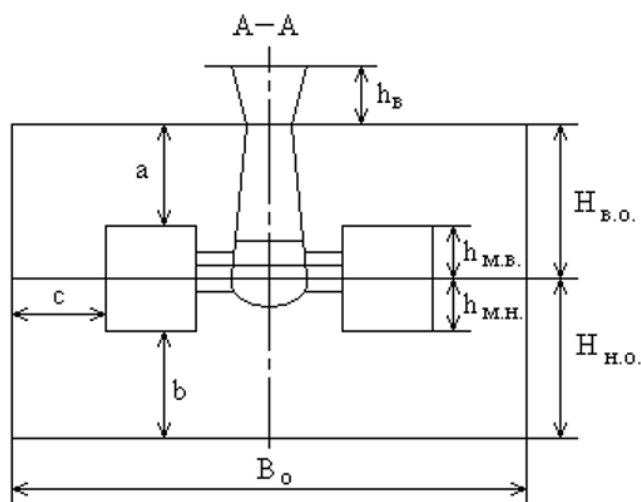


Рисунок 6.1 – Ескіз для визначення розмірів опоки: а)

| | | | | | | | |
|------------------------------------|------|-----------|--------|------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Іванченко | | | | 24 | 209 |
| Реценз. | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | |
| Розрахунок розмірів та вибір опоки | | | | | | | |

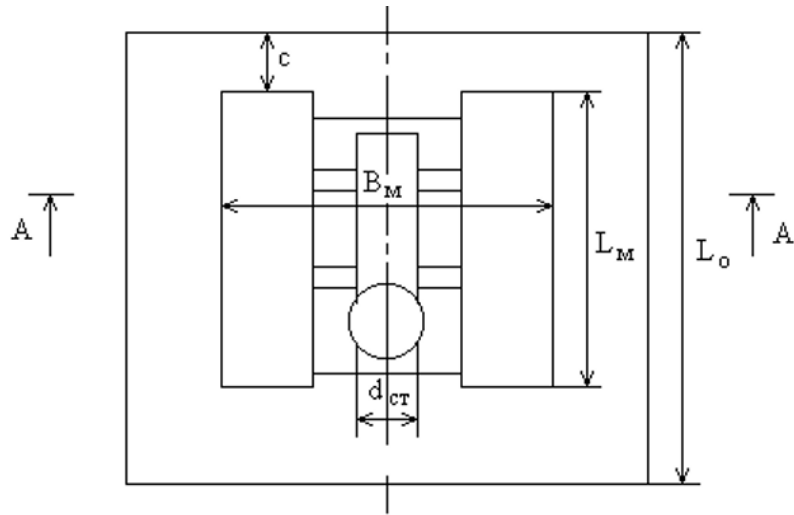


Рисунок 6.1 – Ескіз для визначення розмірів опоки: б)

Довжина опоки:

$$L = 2 \cdot d + 2 \cdot k_1 + 2 \cdot k_2 + b_{\text{ШЛ}}, \text{ м} \quad (6.1)$$

де d – діаметр виливка, м;

k_1 - відстань від краю виливка до опоки, м;

k_2 - відстань від краю виливка до шлаковловлювача, м;

$b_{\text{ШЛ}}$ – ширина шлаковловлювача, м.

Приймаємо попередньо $b_{\text{ШЛ}} = 30 \text{ мм}$

$$L = 2 \cdot 0,18 + 2 \cdot 0,03 + 2 \cdot 0,03 + 0,03 = 0,51 \text{ м}$$

Ширина опоки:

$$B = d + 2 \cdot k_1 \text{ м} \quad (6.2)$$

$$B = 0,18 + 2 \cdot 0,03 = 0,24 \text{ м}$$

Висота нижньої опоки:

$$H_1 = h + k_3 \text{ м} \quad (6.3)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де h – повна висота виливка плюс висота нижнього стрижневого знаку, м; мм,
висота нижньої та верхньої відповідно 155 та 150 мм
Згідно ГОСТу 2133-75 вибираємо чавунні парні опоки розміром:

k_3 - відстань від низу опоки до виливка, м;

$$H_1 = 0,095 + 0,06 = 0,155 \text{ м}$$

Отже, мінімальна розрахункова довжина опоки становить 510 мм, ширина 240

Нижня - 560.250*150 мм.

Верхня - 560*250*120 мм.

Середній габаритний розмір опоки:

$$a = (B + L)/2 = (0,56 + 0,25)/2 = 0,41 \text{ м}$$

Застосовуються чавунні опоки. За контуром – прямокутні. За типом формовки парні для машинної формовки.

Відстань між осями центруючих отворів становить $(L+100)\pm 0,2$ мм.

Діаметр центруючого отвору - не менше 20 мм.

Максимальне відхилення від перпендикулярності осей центруючих отворів до площини роз'єму опок – 0,1 мм на кожні 200 мм.

Максимальне відхилення від площинності поверхні роз'єму – 0,5 мм.

Товщина стінки опоки – 8 мм.

Розмір буртика опоки – 40 мм.

В опці шириною до 500 мм зроблено тільки поперечні ребра хрестовин.
Відстань між ребрами – 200 мм. Мінімальна висота ребер для нижньої опоки – 25 мм, для верхньої – 30...60 мм.

Радіус округлення контурів опоки – 20 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

7 РОЗРАХУНОК ЛИВНИКОВОЇ СИСТЕМИ

7.1 ВИБІР ПІДВОДУ МЕТАЛУ

Так як вилівок має невелику висоту (немає ризику розмивання форми при падінні потоку металу з великої висоти), то в даній технології застосовується верхня звужуюча ливникова система, так як вона забезпечує додатній тиск та заповнення всіх елементів. Підвід здійснюється по дотичній до округлої форми вилівка з 2-х живильників (з протилежних боків для більш рівномірного живлення). При цьому забезпечується підвід металу в найбільш тонкі частини живильника, не викликаючи розігріву масивних частин вилівка, та не визиваючи перепон для усадки вилівка при його кристалізації та охолодженні.

Підвід металу у вилівок здійснюється по площині роз'єму. Форма заповнюється спокійно, без місцевих руйнувань. Модель живильника та зумпфа проектується в нижній напівформі. Моделі шлаковловлювача та стояка – у верхній. Ливникова чаша ставиться окремо зверху. Дана ливникова система просто відрубється.

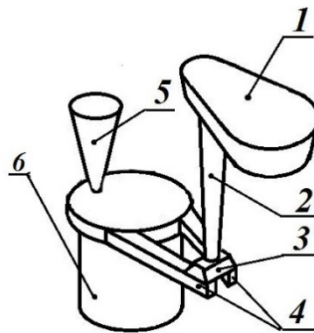


Рисунок 7.1 – Схематичне зображення ливникової системи (показано один вилівок): 1 – ливникова чаша, 2 – стояк, 3 – шлаковловлювач, 4 – живильники, 5 – випор, 6 - вилівок

| | | | | | | | |
|-----------|------|-----------|--------|------|-------------------------------|------|---------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Іванченко | | | | 27 | 209 |
| Реценз. | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського | | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | |
| | | | | | Розрахунок ливникової системи | | |

7.2 РОЗРАХУНОК ТРИВАЛОСТІ ЗАЛИВКИ

Розраховуємо швидкість підйому рівня розплаву в формі. При переважній товщині стінки вилівка 15 мм, швидкість підйому розплаву повинна складати близько 20 мм/с.

Тривалість заливки для чавуну визначається із формули Дітерта:

$$\tau = s \cdot (m)^{1/2}, \quad (7.1)$$

де m – маса рідкого металу на один вилівок, кг;

s – коефіцієнт, який враховує товщину стінки вилівка, мм.

При середній товщині стінки 15 мм, $s = 2,2$:

$$\tau = 2,2 \cdot (4,8)^{1/2} = 4,8 \text{ с}$$

7.3 РОЗРАХУНОК НАПОРУ

Визначаємо середній розрахунковий напір:

$$H_{\text{CP}} = H - R^2 / (2 \cdot C), \text{ см} \quad (7.2)$$

де H – висота стояку від чаші до живильника, см;

R – частина висоти вилівка від верхньої кромки живильника до найвищої точки вилівка, см;

C – загальна висота вилівка в формі, см

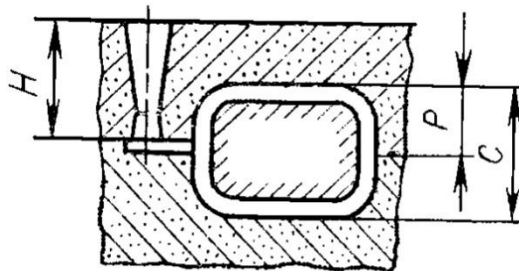


Рисунок 7.2 – Схематичне зображення заливки по площині роз'єму

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

Висота $H = 0,12$ м – дорівнює висоті верхній опоки,

$$H_{CP} = 12 - 0 / (2 \cdot 7,5) = 12 \text{ см}$$

7.4 РОЗРАХУНОК ПЛОЩІ ПЕРЕРІЗУ ЖИВИЛЬНИКІВ

На основі рівняння витрати при витоку рідини з сосуду, можна визначити сумарну площу живильників.

$$\sum F_{\text{жив}} = M / (\rho \cdot \tau \cdot v), \text{ см}^2 \quad (7.3)$$

де M – маса рідкого металу залитого крізь форму, враховуючи 2 виливка та ливникову систему, г;

ρ – густина рідкого розплаву, г/см³;

τ – тривалість заповнення форм, с;

v – швидкість витоку розплаву, см/с

Швидкість витоку розплаву можна розрахувати за формулою:

$$v = \mu \cdot (2 \cdot g \cdot H), \text{ см/с} \quad (7.4)$$

де μ – коефіцієнт витрат, який характеризує загальній гідравлічний опір;

H – повний напір, см.

Звідки:

$$\sum F_{\text{жив}} = M / [\rho \cdot \tau \cdot \mu \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{0,5}], \text{ см}^2 \quad (7.5)$$

Приймаємо густину рідкого чавуну

$$0,007 \text{ кг/см}^3 \text{ та } g = 981 \text{ см/с}^2:$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де H_{CP} – середній розрахунковий (статичний) напір, см

Коефіцієнт витрат для тонкостінних виливків практично приймають рівним $\mu = 0,3 \dots 0,5$.

$$\sum F_{\text{жив}} = 9,6 / [0,007 \cdot 4,8 \cdot 0,3 (2 \cdot 981 \cdot 12)^{0,5}] = 6,21 \text{ см}^2$$

Так, як 2 в формі 2 виливки, і до кожного виливка підводиться 2 живильника, то площа поперечного перерізу кожного з них становить:

$$F_{\text{жив}1} = F_{\text{жив}\Sigma} / 4 = 1,55 \text{ см}^2$$

На один вилівок (2 живильника):

$$F_{\text{жив}1+2} = 3,10 \text{ см}^2$$

Довжина живильника [2] $l_{\text{ж}} = 25 \dots 30$ мм.

Площу перерізу решти елементів ливникової системи можна обчислити із співвідношення для дрібних виливків із сірого чавуну СЧ:

$$\sum F_{\text{жив}} : F_{\text{шл}} : F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,2 : 1,4 \quad (7.6)$$

де $F_{\text{шл}}$ – площа поперечного перерізу шлаковловлювача, см^3 ;

$F_{\text{ст}}$ – площа поперечного перерізу стояку, см^3 .

Звідки,

$$F_{\text{шл}} = 1,2 \cdot 6,21 = 7,45 \text{ см}^2, \text{ та } F_{\text{ст}} = 1,4 \cdot 6,21 = 8,69 \text{ см}^2$$

Вибираємо живильник висотою не більше 12 мм (товщина стінки в місці підводу металу 12 мм), а саме 10 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Тоді, його переріз становить $a = 12$, $b = 18$ мм.

Так, площа перерізу одного живильника становить

$$F_{\text{жив1}} = (13+18) \cdot 10/2 = 155 \text{ мм}^2$$

що співпадає з розрахованим (155 мм^2).

Отже, розміри живильника, $(18/13) \cdot 10 \cdot 30$ мм.

Аналогічно, розміри шлаковловлювача, вважаючи що його висота повинна бути мінімум вдвічі більша за висоту живильника, становлять: $h = 25$ мм, $a = 26$ мм, $b = 34$ мм

$$F_{\text{шл}} = (26+34) \cdot 25/2 = 7,50 \text{ см}^2$$

Отже, розміри шлаковловлювача ($34/26$) 25 в перерізі. Довжина становить наближено 0,14 - 0,15 м .

Діаметр стояка в самому вузькому місці становить

$$d_{\text{СТ}} = [(4 \cdot F_{\text{СТ}})/\pi]^{0,5} = 33,3 \text{ мм.}$$

Верхній діаметр стояка:

$$d_{\text{СТВ}} = d_{\text{СТ}} + 2 \cdot N \cdot y \cdot x, \text{ мм} \quad (7.7)$$

де $N_{\text{ух}}$ – основа ухилу, яке визначається згідно ГОСТу 3212-92.

При висоті стояку $N_{\text{СТ}} \approx 120$ мм, для металевого комплекту $N_{\text{ух}} = 0,95$ мм

$$d_{\text{СТВ}} = 33,3 + 2 \cdot 0,95 = 35,2 \text{ мм.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Визначаємо масову витрату металу:

$$g = M/\tau, \text{ кг/с} \quad (7.8)$$

де M – сумарна маса металу в формі, кг;

τ – тривалість заливки, с

$$g = 9,6/4,8 = 2 \text{ кг/с}$$

При витратах розплаву для сірого чавуну менше 5 кг/с слід застосовувати ливникові воронку.

Розраховуємо розміри ливникової воронки.

Діаметр воронки у верхньому перерізі

$$D_B = (2,7 \dots 3,0) d_{ст}, \text{ мм} \quad (7.9)$$

$$D_B = (2,7 \dots 3,0) 33 = 89 \dots 99 \text{ мм.}$$

Приймаємо ливникову воронку діаметром 95 мм.

Висота воронки дорівнює її діаметру в верхній частині, а саме $H_B = D_B = 95$ мм.

Приймаємо $H_B = D_B = 95$ мм. Підбираємо ливникову воронку №4.

Мінімальна довжина шлаковловлювача від стояку до живильника визначається із тих міркувань, що метал при проходженні до живильника повинен пройти необхідну відстань, що би позбутись шлаку, а саме:

$$L_{шл} = 1,2 \cdot h_{шл} (v_{шл}/v_B), \text{ м} \quad (7.10)$$

де $v_{шл}$ – швидкість розплаву в шлаковловлювачі, м/с;

v_B – швидкість впливання частинок, м/с;

$$v_{шл} = M/(\tau \cdot \rho \cdot F_{шл}), \text{ м/с} \quad (7.11)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$v_{\text{ШЛ}} = 9,6 / (4,8 \cdot 7000 \cdot 7,5 \cdot 10^{-4}) = 0,38 \text{ м/с}$$

$$v_B = 2[g \cdot d_{\text{ШЛ}} \cdot (\rho_{\text{МЕ}} - \rho_{\text{ШЛ}})] / (3 \cdot \rho_{\text{МЕ}})^{0,5}, \text{ м/с} \quad (7.12)$$

де $d_{\text{ШЛ}}$ – діаметр частинки, м, $d_{\text{ШЛ}} \approx 0,002$ м;

$\rho_{\text{МЕ}}$ та $\rho_{\text{ШЛ}}$ – відповідно густини металу рідкого та шлаку, кг/м³

$\rho_{\text{ШЛ}} = 4500$ кг/м³

$$v_B = 2 \cdot [g \cdot 0,002 \cdot (7000 - 4500)] / (3 \cdot 7000)^{0,5} = 0,29 \text{ м/с}$$

$$L_{\text{ШЛ}} = 1,2 \cdot 0,025 \cdot (0,38 / 0,29) = 0,04 \text{ м}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

8. ВИБІР ФОРМУВАЛЬНОЇ ТА СТРИЖНЕВОЇ СУМІШЕЙ

8.1 ФОРМУВАЛЬНА СУМІШ

Як було визначено раніше, застосовується піщано-глиниста формувальна суміш. Суміш – єдина, так як виливки виготовляються машинною формовкою, при серійному виробництві.

Основні складові – пісок (наповнювач) та глина чи бентонит (зв'язуюче) В склад єдиної суміші входять 95 % зворотної відпрацьованої регенованої суміші та відповідно приблизно 5 % свіжих матеріалів так як виробництво на автоматичній пресувальній лінії. Застосовується кварцовий пісок як самий дешевий, найменш дефіцитний та самий поширений в природі.

Для дрібного чавунного литва рекомендується застосовувати дрібно-фракційний пісок групи 1K₂O₂016, що означає: 1 – група кварцового піску за вмістом глинистої складової, в даному випадку не більше 0,2%;

K₂ – група за вмістом SiO₂, в даному випадку SiO₂ не менше 98%;

O₂ – коефіцієнт однорідності піску, в даному випадку складає 70-80%;

016 – група пісків за середнім розміром зерна, в даному випадку 0,14...0.18 мм.

Таблиця 8.1 – Склад піску кварцового 1K₂O₂016

| Глиниста складова, %, не більше | SiO ₂ , % не менше | Шкідливі домішки, % не більше | |
|------------------------------------|----------------------------------|---|--------------|
| | | Окиси лужних та лужноземельних металів | Окиси заліза |
| 0,5 | 98,0 | 1,2 | 0,75 |

| | | | | | | | |
|--|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | 34 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |
| Вибір формувальної та стрижневої сумішей | | | | | | | |

В якості зв'язуючого застосовується бентонітова глина за ГОСТ 28177-89. Застосовується глина П₂Т₂А, що означає: «П» - міцнозв'язуюча, «2» – зв'язувальна, «Т₂» - середньостійка, «А» – порошкова активована глина.

Кам'яне вугілля потрібне в якості протипригарного покриття. Так як виливки дрібні за масою, то вміст вугілля повинен бути до 1%, а крупність його помолу повинна бути дрібна. Застосовується марки Г (газове) з малим вмістом золи та сірки.

Таблиця 8.2 – Склад єдиної суміші для автоматичної формовки, %

| Пісок, 1К ₂ О ₂ 016 | Оборотна суміш | Бентонит П ₂ Т ₂ А, | Вугілля молоте, марки Г | ПАВ (зверху 100%) |
|---|----------------|---|-------------------------|-------------------|
| 4,0 | 95 | 0,5 | 0,5 | 0,003 |

ПАВ (поверхнево-активна речовина) підвищує текучість форми.

Таблиця 8.3 – Фізико-хімічні властивості формувальної суміші

| Міцність на стиснення в сиromу стані, МПа | Газопроникність, од, не менше (на пресованому зразку) | Вологість, за масою, % | Загальний вміст дрібноти, % | Вміст активного бентоніту, % | Витрати при прокалюванні, % |
|---|---|------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 0,09-0,14 | 100 | 3,1 – 3,5 | 8-10 | 6-7 | 3,5-4,5 |

8.2 СТРИЖНЕВА СУМІШ

Стрижень знаходяться в більш навантаженому становищі ніж форма. Тому для стрижневої суміші пред'являються більш жорсткі вимоги стосовно теплової стійкості, міцності тощо ніж до формувальної суміші.

Засіб виготовлення стрижнів методом з ПГФ вже не є актуальним на сьогодні, зважаючи на присутність багатьох відносно нових технологій отримання стрижнів з набагато кращими фізико-механічними властивостями.

Метод отримання стрижнів на рідкому склі не застосовуємо, оскільки при цьому стрижень дуже важко вибивається з форми із-за міцності сплавленого рідкого скла. Лінгосульфонати не забезпечать потрібної міцності та вогнетривкості стрижня.

Для стрижневої суміші застосовуємо метод ХТС– метод отримання холоднотвердіючих сумішей, на основі синтетичних смол.

При цьому стрижні мають високу питому міцність, добрі технологічні властивості та добру вибиваємість, добру стійкість від пригару.

Недолік методу – токсичність смол. Тому всі операції в стрижневому відділенні проводяться за допомогою додаткової вентиляції.

Для виробництва стрижнів застосовується Cold-Box-процес, так як він має суттєві переваги в порівнянні з іншими процесами. На відміну від Per-Set-процесу, затверджувачем в Cold-Box-процесі є не рідкий, а газоподібний амін. Це спрощує приготування суміші, підвищує її живучість, а головне – прискорює операцію зміцнення в окремих випадках до 10 с для крупних стрижнів та до 0,2 с для дрібних!!! Цей процес є основним для виготовлення усіх стрижнів у ливарних цехах.

Застосовуємо поліефірні та бензол-ефірні смоли із затверджувачем (каталізатором амін).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 8.4 – Застосування синтетичної смоли для Cold-Box-процесу

| Клас | Мономер и для синтезу | Затверджувач (каталізатор) | Коксове число, % | Вміст азоту, мас % | Область застосування |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Поліефірні, бензилефірні смоли | Isocure 308 Isocure 11-606 | Амін Isocure 702 - диметилетиламин | 20...30 | 0,5-1,0 | Сірий чавун, кольорові сплави |

Cold-Box-процес засновано на використанні комплексного зв'язувального компонента із двох органічних складових. Перша складова компоненту – це поліспирт. Друга складова – поліізоціанат (лінійний або ароматичний олігомер з ціаністими групами NCO).

Хімічна будова двох складових зв'язувального компонента близька, а масове співвідношення 1:1. Таким ЗК є бензилефірна смола.

Каталізаторами зміцнення є газоподібний амін з максимально високою температурою кипіння (від 150 до 350 °C) і рН = 7...11. Усі ці аміни є похідними піридину.

Приготування суміші здійснюють у наступній послідовності. Змішують в змішувачі компоненти зв'язувальної системи у кількості 1:1 (поісприт та поліізоціанат) та потім обдувають його газоподібним аміном.

Таблиця 8.5 – Склад суміші для Cold-Box-процесу, % мас

| Кварцовий пісок 1K ₂ O ₂ 016 | Смола Isocure 308 | Смола Isocure 11- 606 | Амін Isocure 702 |
|---|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| 100 | 0,75 | 0,75 | 0,1-0,15 (понад 100) |

Таблиця 8.6 – Механічні властивості суміші для Cold-Box-процесу

| | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------------|
| Обсипаємість, %, не більше | Газотвірність, см ³ /г | Живучість, хв | Тривалість зміцнення, хв |
| 0,05 | 10 | 60...180 | 1...15 |

Таблиця 8.7 – Міцність суміші на розрив, МПа

| Міцність на розрив, МПа | Витримка готової суміші, год | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Після 1 хв | 0,77 | 0,63 | 0,49 | 0,42 | 0,35 | 0,28 |
| Після 24 год | 2,17 | 1,47 | 1,26 | 1,05 | 0,91 | 0,84 |

Таблиця 8.8 – Міцність суміші на розрив в залежності від вологості, МПа

| Міцність на розрив, МПа | Відносна вологість повітря, % | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|
| | 0 | 50 | 75 | 85 | 100 |
| Після 24 год | 1,82 | 1,86 | 1,89 | 1,05 | 0,24 |

Отже, критична вологість складає 85%, після якої спостерігається знеміцнення зразків. Режим продувки наступний. Диметилізопроріламин + азот = 0,3 с під тиском 0,1 МПа (0,1 на масу) або повітрям 15 с при тиску 15 МПа.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|-----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 38 |

8.3 МЕТОД ЗАПОБІГАННЯ ПРИГАРУ

Застосовується покриття №6 для стрижнів. Покриття наносять занурюванням у ємність з фарбою на 3...5 с, виймають і витримують над ванною до повного стікання зайвої фарби. Такий спосіб застосовують у серійному виробництві для стрижнів непростої конфігурації, так як нанесення пульверизатором на складну геометрію стрижня пов'язано з труднощами не нанесення в важкодоступні місця і взагалі пропуском деяких місць.

Рівномірний шар протипригарного покриття, достатній для попередження утворення пригару на виливках з товщиною стінок до 10...20 мм, складає близько 0,2 мм.

Сушіння проводять на протязі 40 хв. Для покриттів із органічними зв'язуючими компонентами температура сушіння складає 200...250 °С.

Таблиця 8.9 – Склад протипригарного покриття №6,%

| Тальк | Поліізобутілен П-200 | Древесний пек | Бензин | Густина покриття, кг/м ³ |
|-------|-------------------------|------------------|--------|--|
| 46 | 6 | 5 | 43 | 1,10-1,14 |

9. МОДЕЛЬНА ОСНАСТКА

9.1 МОДЕЛЬНА ПЛИТА

Плита необхідна для розміщення на ній моделі і кріпиться до столу формувальної машини болтами. Плита збірна. В даному модельному комплекті їх дві - верхня та нижня. На нижню монтується власне модель виливка, ливникові канали (живильники) та зумпф. На верхню – модель стояка та шлаковловлювач.

Довжина плити:

$$A_0 = L + 2 \cdot b_2, \text{ м} \quad (9.1)$$

де L – довжина опоки, м;

b_2 – розмір бурта опоки по площині роз'єму, м, для чавунних опок габаритним розміром до 500 мм, $b_2 = 40$ мм.

$$A_0 = 0,56 + 2 \cdot 0,04 = 0,64 \text{ м}$$

Аналогічно ширина плити:

$$B_0 = 0,25 + 2 \cdot 0,04 = 0,33 \text{ м,}$$

Приймаємо стандартний розмір плити: довжина 650 мм та ширина 350 мм.

Середній габаритний розмір плити:

$$L_0 = (0,65 + 0,35) / 2 = 0,50 \text{ м}$$

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Модельна оснастка | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 40 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

Матеріал плити – сірий чавун СЧ250.

Центруючий штир – круглого перерізу, діаметром який дорівнює діаметру опок центруючої втулки, направляючий штир має квадратний переріз зі стороною квадрата, яка дорівнює ширині прорізи направляючої втулки опоки. Штирі виготовлені зі сталі марки Ст.45, які загортовують до твердості HRC40-50. Цапфи в чавунних плитах залиті. На кожній стороні плити знаходяться 2 лапи для кріплення до столу машини. На плиті робляться платики під скоби. На кожній стороні плити (на короткій) знаходяться 2 лапи для кріплення до столу машини.

9.2 МОДЕЛЬ

Так як модель має невеликі розміри (до 200 мм в діаметрі) то вона алюмінієва, виготовлена зі сплаву АК7В, витримує до 25000-50000 циклів машинної формовки.

Модель розбірна. Складається з 2-х частин: власне моделі вилівка і моделі верхнього вертикального стрижневого знаку, які формується окремо на верхній плиті та в верхній опоці.

Товщина стінки моделі при середньому габаритному розмірі моделі до 200 мм, для алюмінієвих сплавів складає 6...7 мм. Приймаємо 7 мм.

Розраховуємо лінійні розміри моделі вилівка за формулою:

$$L = (L_{вил} + \delta) \cdot \frac{1+Y}{100} + l_{зн} + l_{заз}, \quad (9.2)$$

де L – лінійний розмір моделі вилівка, мм;

$L_{вил}$ – лінійний розмір вилівка, мм;

δ – величина припуску на механічне оброблення, мм;

Y – усадка сплаву вилівка, %;

для алюмінію лінійна усадка становить 1,0-1,5%; Приймаємо 1,3%

$l_{зн}$ – величина знакової частини, мм;

$l_{зз}$ – розмір технологічного зазору, мм

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Припуски на обробку для алюмінієвої моделі при розмірі моделі до 200 мм, при серійному виробництві для простих виливків складають по 2 мм на сторону. Знакові частини стрижня рахуємо як окремі геометричні елементи, тому в передостанню формулу висоту знаків для інших розмірів не додаємо.

Припуски назначаємо лише на ті геометричні елементи, які оброблюються у самому виливку і тому мають оброблюватись відповідно і у моделі. Ті поверхні (окрім стрижневих знаків), які не оброблюються і мають збільшений розмір тільки завдяки лінійній усадці.

Результати заносимо в таблицю 9.1.

Таблиця 9.1 – Лінійні розміри моделі

| Геометричний розмір виливка (стінки, заглиблення, отвору) мм | Припуск на обробку для поверхонь, які оброблюються, мм | Допуск на розмір знаків металевих моделей та стрижневих ящиків (2-й клас для серійного виробництва) | Розмір моделі виливка, мм | Граничні відхилення по розмірам, мм |
|--|--|---|---------------------------|-------------------------------------|
| 7 мм (товщина стінки моделі) | - | | 7,02 | ±0.,10 |
| 12 (товщина стінки) | - | | 12,02 | ±0.,15 |
| 20 (товщина стінки) | 2 | | 22,02 | ±0.,18 |
| 20 (стрижневий знак) | - | | 20,02 | ±0.,18 |
| 30 (стрижневий знак) | - | | 30,02 | ±0.,18 |
| 105 (висота моделі) | - | | 95,02 | |

Закінчення таблиці 9.1

| | | | | |
|----------------------------------|---------|--------------------------------------|--------|--------|
| діаметр 71 (внутр.) | - | | 71,02 | ±0.,20 |
| діаметр 104 (стрижневий знак) | - | | 104,02 | ±0.,20 |
| діаметр 110 (стрижневий знак) | 2·2 = 4 | Для моделі +0,23 Для ящику – 0,23 | 114,25 | ±0.,20 |
| діаметр 120 (внутр.) | - | | 120,02 | ±0.,20 |
| діаметр 120 (стрижневий знак) | - | | 120,02 | ±0.,20 |
| діаметр 128 (стрижневий знак) | - | Для моделі +0,26 Для ящику – 0,26 | 128,28 | ±0.,20 |
| діаметр 184 | - | | 184,02 | ±0.,20 |
| діаметр 185 (діаметр моделі) | - | | 185,02 | ±0.,20 |

Ухили стінки моделі наведено в табл. 9.2

Таблиця 9.2 - Ливарні ухили стінок моделі

| | | | | |
|------------|------|------|--------------------|-------------------|
| Стінка, мм | 63 | 12 | 55 (внутр. стінка) | 20(внутр. стінка) |
| Ухил, ° | 0,45 | 1,30 | 1 | 3 |

Так як модель має відносно невеликі розміри, то ребер жорсткості не передбачено. Модель кріпиться до плити контрольними штифтами. Цими штифтами також кріпиться верхній знак моделі до основної її частини. До плити модель кріпиться 3-мя штифтами.

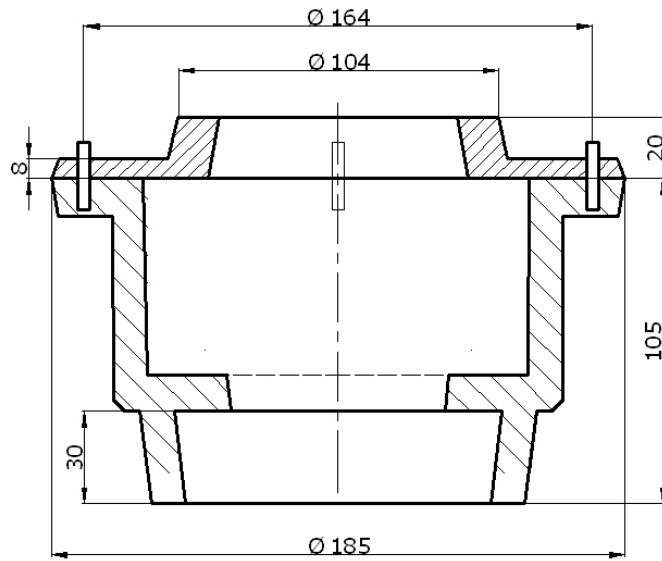


Рисунок 9.1 – Кріплення верхньої частини вертикального знаку до основної моделі штифтами.

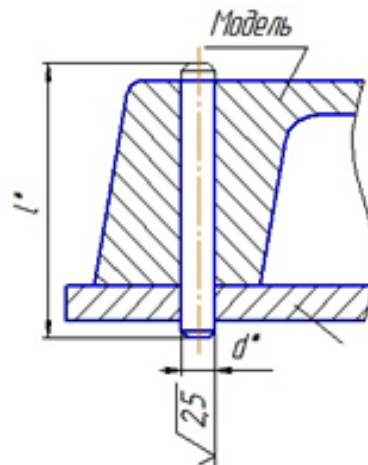


Рисунок 9.2 – Посадка шпильок крізь плиту в модель:

$d = 6 \text{ мм}, l' = 12 \text{ мм}$

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

Арк.

44

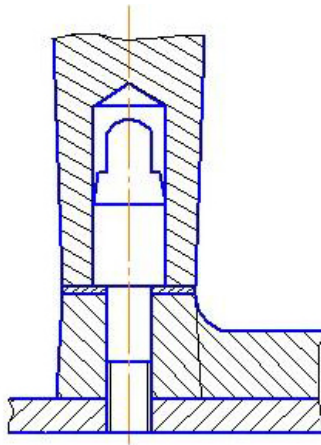


Рисунок 9.3 - Кріплення стояка зі шлаковловлювачем до плити.

9.3 СТРИЖНЕВИЙ ЯЩИК

Стрижневий ящик роз'ємний, складається з двох половинок, для піскодувної машини. З метою економії матеріалу та зменшення циклу виробництва стрижнів (і як наслідок, виливків) застосовують багатомісний ящик - на 2 стрижня. Відносно невеликий розмір та проста конфігурація стрижня дозволяє конструкцію запроєктувати багатомісного ящика. Матеріал ящика – чавун СЧ25. Конструкція ящика – з вертикальним роз'ємом.

Враховуючи габаритний діаметр стрижня 110 мм, та відстань між ними і між стрижнем та краєм ящика 30-40 см, довжина робочої частини ящика виходить приблизно 320 мм, ширина 180 мм та висота (при висоті стрижня зі знаками 120 мм приблизно 200 мм).

Середній габаритний розмір ящика 250 мм. При такому розмірі товщина робочої стінки має бути приблизно 10 мм. Ящик сполучується штирями, а скріплюється скобами. Конструкція ящика глуха : він набивається по половинках крізь роз'єм, а парується по штирях.

З метою більшої міцності ящика, останній робиться з ребрами жорсткості. Товщина ребра складає 8 мм, довжина – 120 мм. Ширина борта – 20 мм, висота – 10 мм.

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-----------------------|------|
| | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

Сполучення половин – регулюючими штирями, які виготовляють зі сталі 45. Від’ємні частини в ящику не передбачено, так як проста конфігурація стрижнем дозволяє обійтися без них. Стрижнева суміш вдувається в ящик крізь отвори в надувній плиті. Яка кріпиться до бункеру. Діаметр отвору – 20 мм. Кількість отворів – один отвір на 50 см² площі стрижня.

Площа поверхні стрижня –

$$S = \pi(0,124 \cdot 0,03 + 0,071 \cdot 0,02 + 0,11 \cdot 0,055 + 0,107 \cdot 0,02) = 0,0419 \text{ м}^2 = 418 \text{ см}^2$$

Враховуючи 2 стрижня в ящику, $S = 836 \text{ см}^2$.

Тоді, кількість отворів має бути $836/50 = 16...17$.

Вдувні отвори робляться у сталевих розкалених втулках, які запресовуються в плити.

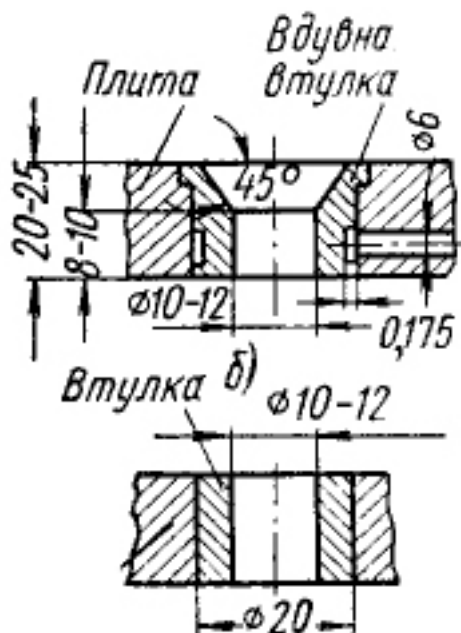


Рисунок 9.3.1 – Конструкція системи виводу газу (повітря, амінів) зі стрижньового ящику

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

Повітря видувається крізь вентиляційні пробки (венти), показані на рис. 9.3.2

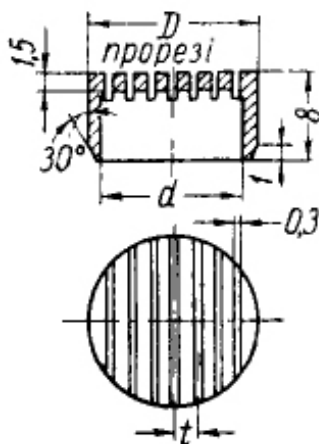


Рисунок 9.3.2 – Венти для входу повітря з ящику

Таблиця 9.3.1 – Вентиляційні пробки

| D, мм | d, мм | Кількість прорізів | t, мм | Площа перерізу прорізів мм ² |
|-------|-------|--------------------|-------|---|
| 16 | 13,5 | 4 | 2 | 20,96 |

10 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

10.1 ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ ФОРМУВАЛЬНОЇ СУМІШІ

10.1.1 ОБОРОТНЯ СУМІШІ

Як було наведено вище, оборотна суміш складає 95% від всієї необхідної суміші і лише 5% займають нові матеріали.

Оборотну суміш треба регенерувати (відновлювати). Процес регенерації полягає в дробленні або розмиванні грудок суміші, її магнітної сепарації та просіювання, та основної операції – відділення від зерен піску інертних плівок глини і знепилення піску.

Застосовується комплекс 14112 для генерації відпрацьованої суміші. Продуктивність комплексу – 12 тон/год.

До складу базового комплексу входять магнітний сепаратор підвісний; роторна дробарка великого дроблення; грохот; сушарка барабанна; пневморегенератор; охолоджувач; вібраційно-каскадний класифікатор.

На комплексі суміш транспортується стрічковим конвеєром. Перша стадія – підвісний магнітний сепаратор типу ВМИ-П-65 - відділяє від суміші дрібні металеві частинки, які потрапили в суміш при заливці. Далі суміш поступає в однороторну дробарку типу СМД-86 де відбувається дроблення та подрібнення кусків суміші. На вібраційному грохоті відбувається просів суміші. Після грохоту, суміш потрапляє у барабанну сушарку, де нагрівається до температури 300-400 °С і далі поступає в пневмогенератор.

Пневморегенератор складається з низки послідовних але з'єднаних однотипних камер, у нижній частині кожної з якої встановлено сопло (через нього подається стисле повітря).

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Технологія виготовлення виливка | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 48 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

Регенована суміш надходить в установку, захоплюється потоком повітря, що виходить із сопла зі швидкістю 40...45 м/с, і після розгону в дифузори ударяється об ковпак. В результаті цього відбувається дроблення окремих конгломератів та відділення плівок сполучного від зерен наповнювача. Пилоподібні частинки відсмоктуються і направляються в систему очищення, а регенована суміш після обробки надходить у охолоджувач типу 11312, де охолоджується до температури 60°C і після цього потрапляє в каскадний класифікатор типу 14722. Нарешті відпрацьована і готова до подальшого застосування суміш поступає в бункера формувального відділення.

10.1.2 СВІЖА СУМІШ

Свіжа суміш складається в основному з піску та бентоніту.

Основні етапи підготовки суміші наступні:

1. Сушка піску при 250°C у сушарках киплячого шару, як найбільш ефективної сушарки. Сушка глини відбувається у барабанних сушарках.
2. Помел глини у шарових млинах марки МШЦ СМ6007А до порошкоподібного стану.
3. Помел молотого вугілля у шарових млинах марки МШЦ СМ6008А

Продуктивність млинів – 0,7=2,0 тон/год

10.1.3 ПІДГОТОВКА СУМІШІ

При приготуванні формувальних сумішей на основі глинистого зв'язуючого необхідно забезпечити рівномірне змішування всіх компонентів суміші, щоби забезпечити максимальний прояв зв'язуючих властивостей глинистої складової. Застосовуються змішувальні бігуни з обертаючими ся металевими катками марки 15102.

Порядок завантаження складових суміші. Спочатку завантажують сухі матеріали: пісок, глину та відпрацьовану формувальну суміш. Суху суміш перемішують приблизно 1-3 хвилини і потім зволожують. Після зволоження додають знову переміщується протягом декількох хвилин. Бентоніт завантажують

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

останнім. Тривалість перемішування суміші становить, 3-5 хвилин.

10.2 ТЕХНОЛОГІЯ ПІДГОТОВКИ СТРИЖНЕВОЇ СУМІШІ

Стрижневу суміш не регенерують, застосовують тільки нову. Складові компоненти указані в п. 5. Для змішування застосовується шнековий змішувач марки Spartan 305P продуктивністю 3-6 тон/год.

Для дозування рідких сполучних і каталізаторів застосовуються шестерні насоси, що забезпечують високу точність подачі. Тривалість змішування – 2-3 хв.

Після заповнення стрижневого ящика сумішню необхідно зробити її ущільнення. Для досягнення оптимальної щільності форми достатньо використовувати невелике віброущільнення. Застосовується вібростіл моделі ААА.

10.3 ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМОВКИ

Для формовки застосовується лінія В715. Лінія автоматична комплексна на базі одного формувального автомата моделі В715 призначена для виготовлення сталевих і чавунних невеликих виливків масою до 50 кг в разових піщано-глинистих формах цехах із багатомономенклатурним виробництвом (що важливо для проектуемого цеху).

Таблиця 10.1 – Технічна характеристика лінії В715

| | |
|--|-----------------|
| Розміри форми, мм | 900.600.200 |
| Маса вилівка, кг | 50 |
| Продуктивність, форм/год | 120 |
| Витрата формувальної суміші, м ³ /год | 66 |
| Установочна потужність, кВт | 350 |
| Габаритні розміри, мм | 77300.8700.4500 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 50 |

Лінія складається із пов'язаних між собою транспортними засобами установок та механізмів, що виконують технологічні операції з виготовлення та вибивання ливарних форм. Лінія скомпонована з модулів, керування якими здійснюється від індивідуальних пультів релейних систем.

Розміщення стаціонарного заливального місця в торці лінії дозволяє використовувати її замість ливарних конвеєрів і проводити заливку форм за умов малих площ.

Ущільнення суміші проводиться методом диференціального пресування під високим тиском з попереднім струшуванням, що дозволяє використовувати формувальні суміші нижчої якості. Можливість виконання вентиляційних каналів шляхом наколу індивідуальна для кожної моделі. Конструкція лінії забезпечує отримання форм з висотою «болвана» до 85 мм. Вибивка форм відбувається шляхом видавлювання «кома». Застосування транспортних рольгангів із фрикціонами дає можливість здійснити гнучкі зв'язки між технологічними операціями та компенсувати простий окремих механізмів лінії чи суміжного обладнання. Режим роботи лінії – налагоджувальний, автоматичний. Привід - електромеханічний і пневматичний, пресування - гідравлічне з тиском 20 МПа. Опоки з охолодженими формами штовхачем передаються на установку видавлювання «кома», звідки «ком» з виливком випадає на вибивну установку.

Порожні опоки подаються в пресово-формульний автомат, де здійснюють спарювання опоки з підмодельною плитою і попереднє розбирання комплекту зібраних опок верху та низу.

Пресово- формульний автомат забезпечує дозування суміші та виготовлення напівформ методом двоконтурного диференціального пресування багатоплунжерним гідравлічним пресом з попереднім струшуванням.

Виготовлені напівформи потупають на позицію створення вентиляційні канали.

Після кантовки напівформ проводиться спочатку огляд відбитку та простановка стрижнів вручну в напівформи низу, потім – друга кантовка напівформ верху, складання форми та зрізання надлишку суміші на нижній напівформі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Зібрана форма перед заливкою встановлюється на піддону плиту.

Щоб уникнути зміщення напівформи верху в момент заливання застосовуються привантажувальні тискачі, що протидіють гідравлічному удар рідкого металу. Залита форма рухається по двоярусному рольгангу під вентиляваним кожухом, в кінці рольгангу форма подається на вибивку, а підпочна плита повертається по нижньому ярусу до гілки заливки. Ділянки лінії управляються автономно з пульта. Усі операції, крім проставлення стрижнів і заливання форм виконуються автоматично.

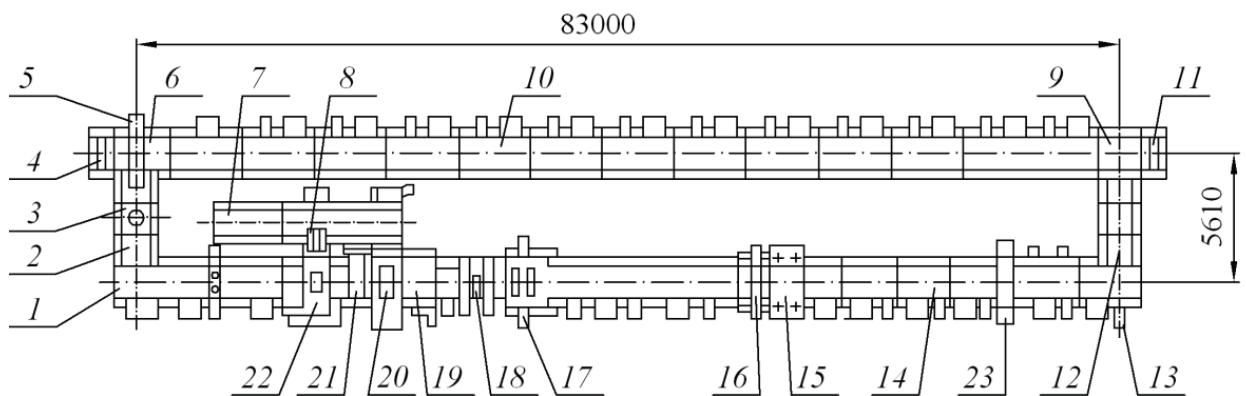


Рисунок 10.1 - . План лінії моделі 4B715: 1 - секція з підйомною рамкою; 2 – рольганг поперечний; 3 – прес вибивний; 4, 11 – кантувачі підпочних плит; 5, 13 – штовхачі; 6 – секція поперечного зіштовхування; 7 - транспорт переміщення оснастки; 8 – вузол обприскування; 9 – секція встановлення форм; 10 - секція охолодження; 12 – поперечна секція; 14 - транспортний рольганг; 15 - збирач опок; 16 - кантувач опоки «верха»; 17 - кантувач опоки «низа»; 18 - установка для утворення вентканалів; 19 - підйомно-транспортний механізм; 20 – позиція пресування; 21 - позиція засипки; 22 – підйомно-транспортний механізм розпарювання опок; 23 – механізм зрізування суміші.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 52 |

10.4 ТЕХНОЛОГІЯ ЗАЛИВКИ

Плавку чавуну ведуть в індукційній тигельній печі. Детальніше про піч та плавку в ній написано нижче (в розділі «Плавильне відділення»). Мінімальна температура заливки чавуну СЧ-150 складає 1350°C, рекомендована - 1370°C. Падінні температури в ковші (3 тони) складає 3,5°C/хв.. З метою зниження темпів падіння температури чавуну в ковші, поверхню останнього присипають деревним вугіллям. Перед розливкою ковші підігривають до температури 500-600°C (до темно-червоного кольору). З тигель-ковша чавун розливають по формах, так як виливки мають невеликі розміри та маси. При масі виливків в формі до 20 кг застосовують ручний ковш на 30 кг («трійник»). Швидкість витікання чавуну при середній швидкості повороту ковша складає 3,9 – 5,4 кг/с.

Температура вибивки виливка «Корпус підшипника» складає 700°C (так як виливок дрібний). Тривалість охолодження від ступеня рідкого металу до – температури початку кристалізації виливка складає 0,3 год (20 хв).

10.5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИБИВКИ ТА ОЧИЩЕННЯ

Готові виливки в формах з опоками поступають на ексцентрикові вибивні решітки. Так як опоки невеликі, то застосовується решітка 421 – найменша в своєму класі. Після цього частково вибиті виливки поступають в очисний галтувальний барабан Об-800. Цей барабан застосовується для вибивки стрижнів та для очистки нескладних за формою дрібних та середніх виливків. Фінішне очищення від пригару та залишків стрижня здійснюється на очисному барабані 42233.

Для індивідуальної зачистки поверхонь застосовується шліфувальний ручний інструмент торцевий ИП-2203 (для поверхонь, які не оброблюються) та радіальний ИП-2014А (для поверхонь, які оброблюються).

Термічна обробка виливків із чавуну СЧ-200 наступна: низькотемпературний відпал з температурою нагріву 550°C та швидкістю нагріву 100-150°C/год та витримка на протязі 2-4 год. Охолодження повільне, разом з піччю (10-50°C/год). Термообробка проводиться з метою зняття внутрішніх напруг в виливку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

10.6 РОЗРАХУНОК ПІДНІМАЛЬНОЇ СИЛИ СТРИЖНЯ

Загальна піднімальна сила на верхню півформу з урахуванням кількості виливків та стрижнів у формі та гідравлічного удару в момент завершення заливання становить:

$$F_{\Sigma} = K \cdot [F_B \cdot n_B - G_{\text{ВПФ}} + F_{\text{ЛС}} + n_B \sum_{i=1}^m (F_{\text{СТ } i} - G_{\text{СТ } i})] \quad (10.1)$$

де K – коефіцієнт, який враховує гідравлічний удар, звичайно $K = 1,4$;

n_B – кількість виливків у формі; $n_B = 2$ шт.

$G_{\text{ВПФ}}$ – вага верхньої півформи (опоки з сумішшю), Н;

F_B – сила тиску рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливарної форми, Н;

$F_{\text{ЛС}}$ – сила тиску рідкого металу на верхню півформу в ливниковій системі, Н;

$F_{\text{СТ } i}$ – Архімедова сила, яка діє на i -й стрижень, Н;

$G_{\text{СТ } i}$ – вага i -го стрижня, Н.

Складові формули розраховуються за наступною методикою.

$$F_B = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot S \quad (10.2)$$

де ρ – густина металу, кг/м^3 ; для рідкого чавуну, $\rho = 7000 \text{ кг/м}^3$

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

h_c – середній металостатичний напір у верхній півформі, розрахований вище, становить. $h_c = 0,12 \text{ м}$;

S – площа горизонтальної проекції моделі, м^2 .

$$S = \pi (D_{\text{ЗОВН}}^2 - D_{\text{ВН}}^2) \cdot 0,25 = \pi \cdot (0,185^2 - 0,110^2) \cdot 0,25 = 0,0174 \text{ м}^2.$$

$$F_B = 7000 \cdot 9,81 \cdot 0,12 \cdot 0,0174 = 144 \text{ Н}$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|-----------------------|------|
| | | | | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

$$G_{ВПФ} = (m_{он} + m_{сум}) \cdot g, \quad (10.3)$$

де $m_{он}$ – маса верхньої опоки, кг; $m_{он} = 40$ кг (ГОСТ 17129-71).

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

$$m_{сум} = (H \cdot \pi \cdot D^2 \cdot 0,25 - V_B' \cdot n_B) \cdot \rho_{сум}, \quad (10.4)$$

де D – діаметр верхньої опоки, м;

H – висота верхньої опоки, м;

V_B' – частина об'єму виливка, яка знаходиться у верхній півформі, м³;

Об'єм всього виливка розрахувати розбиваючи його на окремі геометричні прості об'єкти розрахувати важко, тому розраховуємо як відношення маси виливка (без урахування ливникової системи маса виливка складає приблизно 1,05 від мас деталі і 15% складає маса самої ливникової системи) до його густини, тобто

$$V_B' = 4 \cdot 1,05 / 7850 = 0,00054 \text{ м}^3$$

У верхній напівформі виливок відсутній взагалі, тому $V_B' = 0$

$\rho_{сум}$ – густина формувальної суміші, кг/м³. Для ущільненої суміші $\rho_{сум} = 1800$ кг/м³

$$m_{сум} = (0,12 \cdot 0,56 \cdot 0,25) - 0) \cdot 1800 = 30,2 \text{ кг}$$

$$G_{ВПФ} = (40 + 30,2) \cdot 9,81 = 689 \text{ Н}$$

$$F_{ЛС} = \rho \cdot g \cdot H_0 \cdot S_{ГП}, \quad (10.5)$$

де H_0 – металостатичний напір у ливниковій системі, м; $H_0 = 0,120$ м ;

$S_{ГП}$ – площа горизонтальної проекції ливникової системи (враховуючи 4 живильника в формі, один ливниковий хід та один стояк), м².

Довжина щлаковловлювача становить $l_{ЛХ} = (0,04 + 0,03) \cdot 2 = 0,14$ м. довжина живильника складає 30 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 55 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$S_{\Gamma\Pi} = 4b_{\text{Ж}} l_{\text{Ж}} + b_{\text{ЛХ}} l_{\text{ЛХ}} + F_{\text{СТ}}, \text{ м}^2 \quad (10.6)$$

$$S_{\Gamma\Pi} = 4 \cdot 0,018 \cdot 0,03 + 0,14 \cdot 0,034 + 0,00087 = 0,0078 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ЛС}} = 7000 \cdot 9,81 \cdot 0,12 \cdot 0,0078 = 64 \text{ Н}$$

$$F_{\text{СТ}i} = V_{\text{СТ}}^l \cdot \rho \cdot g, \quad (10.7)$$

де $V_{\text{СТ}}^l$ – частина об'єму стрижня, яка знаходиться під дією Архімедової сили м^3 . В верхній напівформі знаходиться тільки знак стрижня, згідно його розмірів

$$V_{\text{СТ}}^l = \pi \cdot 0,25 \cdot 0,107^2 \cdot 0,02 = 0,00018 \text{ м}^3$$

$$F_{\text{СТ}} = 0,00018 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 13 \text{ Н}$$

Маса частини стрижня (його знак) у верхній напівформі складають:

$$G_{\text{СТ}1} = 9,81 \cdot 0,00018 \cdot 1700 = 3, \text{ Н}$$

$$F_{\Sigma} = 1,4 \cdot [144 \cdot 2 - 689 + 64 + (13 - 3)] = -547 \text{ Н}$$

Отже, навантажувати форму не потрібно, так як підймальна сила від'ємна.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 56 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

11. ВИТРАТИ ФОРМУВАЛЬНОЇ СУМІШІ НА ТОННУ ЛИТВА

Масу суміші у формі визначають за формулою:

$$m_{\text{ФС}} = (\pi \cdot D^2 \cdot 0,25 \cdot H - \sum V_{\text{СТ}} - n_B \cdot V_B - V_{\text{ЛС}}) \cdot \rho_{\text{ФС}}, \quad (11.1)$$

де D та H – відповідно діаметр та висота складеної форми, м;

$V_{\text{СТ}}$ – об'єм стрижнів м^3 ;

n_B – кількість виливків у формі;

V_B – об'єм виливка, м^3 ;

$V_{\text{ЛС}}$ – об'єм ливникової системи, м^3 ;

$\rho_{\text{ФС}}$ – густина ущільненої формувальної суміші (1800 кг/м^3).

$$V_B = \frac{m_B}{\rho}, \quad (1.2)$$

$$V_{\text{ЛС}} = \frac{m_{\text{ЛС}}}{\rho}, \quad (11.2)$$

де m_B , $m_{\text{ЛС}}$ – маса виливка (без ливникової системи) і ливникової системи, кг;

ρ – густина сплаву, кг/м^3 .

$$V_B = \frac{4,05}{7850} = 0,00052 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ЛС}} = \frac{0,75}{7850} = 0,000096 \text{ м}^3$$

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | 57 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |

Враховуючи, що у формі 2 вилівка і 2 пари ливникових каналів (живильників)

$$m_{\phi C} = (0,56 \cdot 0,25 \cdot 0,27 - 2 \cdot 0,00052 - 2 \cdot 0,000096) \cdot 1800 = 65,9 \text{ кг}$$

Для визначення витрати суміші на тонну литва потрібно скласти пропорцік у якій врахувати масу суміші і металу в одній формі:

$$\begin{aligned} m_{\phi C} - m_B \cdot n_B \\ x - 1000 \text{ кг}, \end{aligned} \quad (11.3)$$

Звідки:

$$x = \frac{m_{\phi C} \cdot 1000}{m_B \cdot n_B} \quad (11.4)$$

$$x = \frac{65,9 \cdot 1000}{9,6} = 6865 \text{ кг}$$

11.1 ВИТРАТА СТРИЖНЕВОЇ СУМІШІ НА ТОННУ ЛИТВА

Для визначення витрати суміші на тонну литва потрібно скласти пропорцік у якій врахувати масу стрижнів і металу в одній формі

$$\begin{aligned} m_{CT} - m_B \cdot n_B \\ y - 1000 \text{ кг}, \end{aligned} \quad (11.5)$$

Звідки:

$$y = \frac{m_{CT} \cdot 1000}{m_B \cdot n_B}, \quad (11.6)$$

$$y = \frac{1,94 \cdot 2 \cdot 1000}{2 \cdot 4,8} = 404 \text{ кг}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 58 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де $m_{ст}$ – маса стрижня у формі, кг.

Об'єм стрижня

$$V = 0,25\pi(0,124^2 \cdot 0,03 + 0,071^2 \cdot 0,02 + 0,11^2 \cdot 0,055 + 0,107^2 \cdot 0,02) = 0,00114 \text{ м}^3.$$

$$m_{ст} = 0,001141 \cdot 1700 = 1,94 \text{ кг}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 59 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

12 РОЗРАХУНОК ВИХОДУ ПРИДАТНОГО ЛИТВА

Технологічний вихід придатного литва (%) визначають за формулою:

$$ВП_{mex} = \frac{m_B \cdot n_B}{m_B \cdot n_B + m_{ЛС} + m_{НД}} \cdot 100\% , \quad (12.1)$$

де m_B – маса виливка без ливникової системи, кг; $m_B = 4,05$ кг;

n_B – кількість виливків у формі; $n_B = 2$ шт

$m_{ЛС}$ – маса ливникової системи з випорами, кг. $m_{ЛС} = 0,75$ кг;

$m_{НД}$ – маса надливів, кг. $m_{НД} = 0$

$$ВП_{mex} = \frac{4,05 \cdot 2}{4,05 \cdot 2 + 2 \cdot 0,75} \cdot 100\% = 84,4\%$$

Металургійний вихід придатного литва визначають за формулою:

$$ВП_{мет} = ВП_{mex} \frac{(100 - У) \cdot (100 - В) \cdot (100 - Б)}{10^6} ,$$

де $У$ – угар металу при плавленні: для чавуну в індукційній печі $У = 2,5\%$;

$В$ – безповоротні втрати металу (як правило для чавуну $В = 2,5\%$);

$Б$ – брак литва: - для чавуну $Б = 2,5\%$;

| | | | | | | | |
|-----------|------|-----------|--------|------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Іванченко | | | | 60 | 209 |
| Реценз. | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | |

Розрахунок виходу
придатного литва

$$ВП_{мет} = 84,4 \frac{(100 - 2,5) \cdot (100 - 2,5) \cdot (100 - 2,5)}{10^6} = 78,2\%$$

Масу металозавалки визначають за формулою:

$$M = \frac{1000}{ВП_{мет}} \cdot 100\% , \quad (12.2)$$

де $ВП_{мет}$ – металургійний вихід придатного литва, %.

$$M = \frac{1000}{78,2} \cdot 100\% = 1279 \text{ кг}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

13. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

Потужність проектуемого цеху – 15 тисяч тон на рік. Складаємо умовну програму яка характерна для ливарних цехів одиничного та дрібносерійного виробництва за великої номенклатури виливків. В цьому випадку виробнича програма представляється за розподілом виливків за масою.

Таблиця 13.1 – Номенклатура виливків цеху чавунного литва механічного заводу.

| Номер п/п | Найменування виробів і виливків | Маса виливка, кг | Кількість виливків на 1 виріб | Марка сплаву | Режим т/о |
|-----------|---------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------|
| 1 | Кронштейн 1 | 2,65 | 40 | СЧ200 | Нормалізація плюс відпуск |
| 2 | Підкова 1 | 1,25 | 40 | СЧ150 | |
| 3 | Шкив ролика 1 | 7,4 | 20 | СЧ200 | |
| 4 | Шкив 1 | 8,3 | 20 | СЧ200 | |
| 5 | Шків ротора 1 | 3,0 | 20 | СЧ200 | |
| 6 | Корпус підшипника 1 | 7,9 | 20 | СЧ150 | |
| 7 | Кришка 1 | 1,77 | 20 | СЧ150 | |
| 8 | Корпус підшипника 2 | 5,0 | 40 | СЧ150 | |
| 9 | Кронштейн 2 | 3,52 | 40 | СЧ200 | |
| 10 | Клин 1 | 0,33 | 160 | СЧ200 | |
| 11 | Шкив 2 | 9,4 | 10 | СЧ200 | |
| 12 | Крогштейн 3 | 3,95 | 80 | СЧ200 | |
| 13 | Шкив 3 | 7,2 | 10 | СЧ200 | |
| 14 | Кришка 2 | 2,05 | 20 | СЧ150 | |
| 15 | Шкив ролика 2 | 3,4 | 40 | СЧ200 | |
| 16 | Шків ротора 2 | 3,6 | 20 | СЧ200 | |
| 17 | Шкив 4 | 8,2 | 10 | СЧ200 | |
| 18 | Підкова 2 | 1,5 | 40 | СЧ150 | |
| 19 | Кришка 3 | 2,45 | 20 | СЧ150 | |

| | | | | | | | |
|-----------|------|-----------|--------|------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Іванченко | | | | 62 | 209 |
| Реценз. | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | |

Кінець таблиці 13.1

| | | | | |
|----|---------------------|------|-----|-------|
| 20 | Корпус підшипника 3 | 4,8 | 20 | СЧ150 |
| 21 | Корпус підшипника 4 | 5,2 | 40 | СЧ150 |
| 22 | Корпус підшипника 5 | 5,6 | 20 | СЧ150 |
| 23 | Кришка 4 | 2,7 | 10 | СЧ150 |
| 24 | Підкова 3 | 1,85 | 20 | СЧ150 |
| 25 | Шків 5 | 8,7 | 10 | СЧ200 |
| 26 | Колесо 1 | 3,4 | 10 | СЧ200 |
| 27 | Колесо 2 | 4,2 | 10 | СЧ200 |
| 28 | Кришка 5 | 3,1 | 20 | СЧ200 |
| 29 | Клін 2 | 0,55 | 100 | СЧ200 |
| 30 | Шків ротора 3 | 4,4 | 20 | СЧ200 |

Згідно загальної маси виливків на виріб та потужності цеху розраховуємо річну кількість виробів:

$$N = P/M, \text{ шт.} \quad (13.1)$$

де P – потужність ливарного цеху, т; P = 15000 т.

M – загальна маса виливків на вироби; M = 2887 кг (сума рядків №1-30, де кожній рядок – добуток маси виливка на їх кількість)

$$N = 15000000/2887 = 520 \text{ шт}$$

Тобто, при виготовленні цехом кількості виливків 520 шт, буде забезпечуватись необхідна річна програма в 15000 т/рік.

В графу 11 наступної таблиці записуємо відсоток запасних частин по відношенню до основної продукції. Згідно даного заводу це значення становить 10%.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 63 |

Після цього розраховуємо масу умовного комплекту $m_{ук}$ виливків даного найменування на вироби з врахуванням запасних частин. Для цього в комплект необхідно включити запасні частини і відповідно, збільшити сумарну масу виливків на один виріб (СТі-ий - стовпчик і-ий).

$$m_{ук} = CT6 + [(CT6 - CT10)/100] \quad (13.2)$$

Після цього задану річну масу виливків в тонах ділять на сумарну масу умовних компонентів та отримують готову кількість умовних комплектів $N_{ук}$. Річна програма випуску виливків визначеного найменування в штуках:

$$CT8 = CT5 N_{ук} \quad (13.3)$$

Річна програма випуску виливків визначеного найменування в тонах:

$$CT9 = CT6 N_{ук} \quad (13.4)$$

Так як абсолютно всі виливки асортименту цеху відносяться до 1-ої групи (до 10 кг), то розподіл по групам виливків не проводимо.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 64 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 13.2 Номенклатура виливків асортименту цеху

| Номер п/п | Найменування виробів і виливків | Маса виливка, кг | Кількість виливків на 1 виріб | Марка сплаву | Габаритні розміри виливка (довжина×ширина×висота, або діаметр×висота). мм | Режим т/о Режим т/о |
|-----------|---------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------|---|---------------------------|
| 1 | Кронштейн 1 | 2,65 | 40 | СЧ200 | 100·60·45 | Нормалізація плюс відпуск |
| 2 | Підкова 1 | 1,25 | 40 | СЧ150 | 70·40·25 | |
| 3 | Шкив ролика 1 | 7,4 | 20 | СЧ200 | 240·120 | |
| 4 | Шкив 1 | 8,3 | 20 | СЧ200 | 260·140 | |
| 5 | Шків ротора 1 | 3,0 | 20 | СЧ200 | 120·80 | |
| 6 | Корпус підшипника 1 | 7,9 | 20 | СЧ150 | 250·145 | |
| 7 | Кришка 1 | 1,77 | 20 | СЧ150 | 60·50·35 | |
| 8 | Корпус підшипника 2 | 5,0 | 40 | СЧ150 | 190·90 | |
| 9 | Кронштейн 2 | 3,52 | 40 | СЧ200 | 130·85·55 | |
| 10 | Клин 1 | 0,33 | 160 | СЧ200 | 40·25·15 | |
| 11 | Шкив 2 | 9,4 | 10 | СЧ200 | 280·160 | |
| 12 | Кронштейн 3 | 3,95 | 80 | СЧ200 | 135·75·60 | |
| 13 | Шкив 3 | 7,2 | 10 | СЧ200 | 220·130 | |
| 14 | Кришка 2 | 2,05 | 20 | СЧ150 | 80·75·45 | |
| 15 | Шкив ролика 2 | 3,4 | 40 | СЧ200 | 120·75 | |
| 16 | Шків ротора 2 | 3,6 | 20 | СЧ200 | 145·105 | |
| 17 | Шкив 4 | 8,2 | 10 | СЧ200 | 250·180 | |
| 18 | Підкова 2 | 1,5 | 40 | СЧ150 | 100·55 | |
| 19 | Кришка 3 | 2,45 | 20 | СЧ150 | 90×90×50 | |
| 20 | Корпус підшипника 3 | 4,8 | 20 | СЧ150 | 180·75 | |
| 21 | Корпус підшипника 4 | 5,2 | 40 | СЧ150 | 220·105 | |
| 22 | Корпус підшипника 5 | 5,6 | 20 | СЧ150 | 240·115 | |
| 23 | Кришка 4 | 2,7 | 10 | СЧ150 | 110·100·55 | |
| 24 | Підкова 3 | 1,85 | 20 | СЧ150 | 110·60 | |
| 25 | Шкив 5 | 8,7 | 10 | СЧ200 | 270·195 | |
| 26 | Колесо 1 | 3,4 | 10 | СЧ200 | 140·55 | |
| 27 | Колесо 2 | 4,2 | 10 | СЧ200 | 180·70 | |
| 28 | Кришка 5 | 3,1 | 20 | СЧ200 | 125·120·60 | |
| 29 | Клін 2 | 0,55 | 100 | СЧ200 | 55·35·20 | |
| 30 | Шків ротора 3 | 4,4 | 20 | СЧ200 | 145·115 | |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

Арк.

65

Таблиця 13.3 – Номенклатура виливків

| Номер п/п | Матеріал деталі | Найменування виробів і виливків | Маса вилівка, кг | Кількість виливків на 1 виріб | Маса виливків на один виріб, кг | Річна програма випуску виливків | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------|----|--------------------------|---------------|---------------|----------------|----|-----|
| | | | | | | На основну програму (90%) | | | На запасні частини (10%) | | | Всього | | |
| | | | | | | шт | тон | % | шт | тон | шт | тон | шт | тон |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | |
| 1 | СЧ200 | Кронштейн 1 | 2,65 | 40 | 106 | 1872 0 | 496,08 | 10 | 2080 | 55,12 | 20800 | 551,2 | | |
| 2 | СЧ150 | Підкова 1 | 1,25 | 40 | 50 | 1872 0 | 234 | 10 | 2080 | 26 | 20800 | 260 | | |
| 3 | СЧ200 | Шків ролика 1 | 7,4 | 20 | 148 | 9360 | 692,64 | 10 | 1040 | 76,96 | 10400 | 769,6 | | |
| 4 | СЧ200 | Шків 1 | 8,3 | 20 | 166 | 9360 | 776,88 | 10 | 1040 | 86,32 | 10400 | 863,2 | | |
| 5 | СЧ200 | Шків ротора 1 | 3,0 | 20 | 60 | 9360 | 280,8 | 10 | 1040 | 31,2 | 10400 | 312 | | |
| 6 | СЧ150 | Корпус підшипника 1 | 7,9 | 20 | 158 | 9360 | 739,44 | 10 | 1040 | 82,16 | 10400 | 821,6 | | |
| 7 | СЧ150 | Кришка 1 | 1,77 | 20 | 35,4 | 9360 | 165,672 | 10 | 1040 | 18,408 | 10400 | 184,08 | | |
| 8 | СЧ150 | Корпус підшипника 2 | 5,0 | 40 | 200 | 1872 0 | 936 | 10 | 2080 | 104 | 20800 | 1040 | | |
| 9 | СЧ200 | Кронштейн 2 | 3,52 | 40 | 140,8 | 1872 0 | 658,944 | 10 | 2080 | 73,216 | 20800 | 732,16 | | |
| 10 | СЧ200 | Клин 1 | 0,33 | 160 | 52,8 | 7488 0 | 247,104 | 10 | 8320 | 27,456 | 83200 | 274,56 | | |
| 11 | СЧ200 | Шків 2 | 9,4 | 10 | 94 | 4680 | 439,92 | 10 | 520 | 48,88 | 5200 | 488,8 | | |
| 12 | СЧ200 | Кронштейн 3 | 3,95 | 80 | 316 | 3744 0 | 1478,88 | 10 | 4160 | 164,32 | 41600 | 1643,2 | | |
| 13 | СЧ200 | Шків 3 | 7,2 | 10 | 72 | 4680 | 336,96 | 10 | 520 | 37,44 | 5200 | 374,4 | | |
| 14 | СЧ150 | Кришка 2 | 2,05 | 20 | 41 | 9360 | 191,88 | 10 | 1040 | 21,32 | 10400 | 213,2 | | |
| 15 | СЧ200 | Шків ролика 2 | 3,4 | 40 | 136 | 1872 | 636,48 | 10 | 2080 | 70,72 | 20800 | 707,2 | | |
| 16 | СЧ200 | Шків ротора 2 | 3,6 | 20 | 72 | 9360 | 336,96 | 10 | 1040 | 37,44 | 10400 | 374,4 | | |
| 17 | СЧ200 | Шків 4 | 8,2 | 10 | 82 | 4680 | 383,76 | 10 | 520 | 42,64 | 5200 | 426,4 | | |
| 18 | СЧ150 | Підкова 2 | 1,5 | 40 | 60 | 1872 0 | 280,8 | 10 | 2080 | 31,2 | 20800 | 312 | | |
| 19 | СЧ150 | Кришка 3 | 2,45 | 20 | 49 | 9360 | 229,32 | 10 | 1040 | 25,48 | 10400 | 254,8 | | |
| 20 | СЧ150 | Корпус підшипника 3 | 4,8 | 20 | 96 | 9360 | 449,28 | 10 | 1040 | 49,92 | 10400 | 499,2 | | |
| 21 | СЧ150 | Корпус підшипника 4 | 5,2 | 40 | 208 | 1872 0 | 973,44 | 10 | 2080 | 108,16 | 20800 | 1081,6 | | |
| 22 | СЧ150 | Корпус підшипника 5 | 5,6 | 20 | 112 | 9360 | 524,16 | 10 | 1040 | 58,24 | 10400 | 582,4 | | |
| 23 | СЧ150 | Кришка 4 | 2,7 | 10 | 27 | 4680 | 126,36 | 10 | 520 | 14,04 | 5200 | 140,4 | | |
| 24 | СЧ150 | Підкова 3 | 1,85 | 20 | 37 | 9360 | 173,16 | 10 | 1040 | 19,24 | 10400 | 192,4 | | |
| 25 | СЧ200 | Шків 5 | 8,7 | 10 | 87 | 4680 | 407,16 | 10 | 520 | 45,24 | 5200 | 452,4 | | |
| 26 | СЧ200 | Колесо 1 | 3,4 | 10 | 34 | 4680 | 159,12 | 10 | 520 | 17,68 | 5200 | 176,8 | | |
| 27 | СЧ200 | Колесо 2 | 4,2 | 10 | 42 | 4680 | 196,56 | 10 | 520 | 21,84 | 5200 | 218,4 | | |
| 28 | СЧ200 | Кришка 5 | 3,1 | 20 | 62 | 9360 | 290,16 | 10 | 1040 | 32,24 | 10400 | 322,4 | | |
| 29 | СЧ200 | Клин 2 | 0,55 | 100 | 55 | 4680 0 | 257,4 | 10 | 5200 | 28,6 | 52000 | 286 | | |
| 30 | СЧ200 | Шків ротора 3 | 4,4 | 20 | 88 | 9360 | 411,84 | 10 | 1040 | 45,76 | 10400 | 457,6 | | |
| | | | | | | | 27000,3 | | | 3000,1 | 494000 | 15012,4 | | |
| | | | | | | 2784 | | | | | | | | |

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

Арк.

66

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

14. КЛАСИФІКАЦІЯ ЦЕХУ

За масою виливків ливарні цехи, в яких виготовляють чавунні виливки поділяють на п'ять класів. Так із таблиці 1.1 видно, що проектуємий цех відноситься до цехів дрібного чавунного литва (максимальна маса виливка не перевищує 10 кг).

Проектуємий цех відноситься до цехів для виготовлення нескладних виливків відкритої коробчастої або циліндричної форми: ковпаків, маховиків, шківів, корпусів підчіпників тощо.

Згідно індексації цеху, проектує мий цех відноситься до цехів типу **СЧ** — цех для виготовлення виливків з сірих чавунів. Бажано виготовлення в цеху виливків тільки з одного сплаву, щоб унеможливити змішування звороту власного виробництва з різних марок сплавів. В даному цеху виготовляються виливки з 2-х сплавів майже схожого хімічного складу – СЧ150 та СЧ200 (для деталей, які потребують більшої міцності). Зворот власного виробництва цих марок чавуну має також майже однаковий хімічний склад.

При належності виробляємих виливків до 1-ої (деякі виливки – до 2-ої) груп за масою та потужності цеху в 15000, останній відноситься до цехів серійного виробництва.

Застосовується литво в піщано-глинисті разові форми, по-сирому, в парні опоки, машинної формовки на автоматичній лінії.

Стрижні виготовляють із холоднотвердіючих сумішей ХТС на основі фуранових смол. Застосовувати метод суміші на рідкому склі (РСС) не доцільно, так як остання суміш важко вибивається з форм та майже не регенерується, що при серійному виробництві недоцільно.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Класифікація цеху | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 67 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

15. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ І СТРУКТУРИ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

Всі відділення цеху поділяються на: власне виробничі, енергетичні, склади та побутові. У виробничих проводяться процеси які задіяні саме для виробництва виливків. Енергетичні слугують для живлення енергією (різноманітного типу) машин та обладнань виробничих відділень. На складах зберігають необхідні матеріали та устаткування. Побутові приміщення призначені в основному для робітників та персоналу.

Виробничі відділення ливарного цеху виготовлення виливків з чавуну складаються з наступних:

- Плавильне із проміжним складом шихтових матеріалів та дільницями підготовки і дозування шихти;
- формувально-складально-заливально-вибивальне із засобами транспортування формувальної і оборотної сумішей, опок тощо;
- стрижневе із складами зберігання готових до використання стрижнів і стрижневих ящиків;
- сумішоприготувальне із бункерами-відстійниками та проміжним складом формувальних матеріалів;
- відділення фінішних операцій з проміжними міжопераційним складами виливків.

Окрім основних відділень у будівлі ливарного цеху розташовані допоміжні відділення і дільниці, у тому числі проміжні склади моделей, ремонтні та енергетичні служби тощо.

Основні положення для раціонального проектування розташування відділів наступні:

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | 68 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |

- найкоротша відстань передавання рідкого металу від плавильного агрегату до дільниць заливання форм для зменшення зниження температури розплаву і його ливарних властивостей;
- раціональне транспортування готових формувальних (вантажопотоки яких найскладніші) і стрижневих сумішей від дільниць приготування до місць їх використання;
- обережне транспортування готових до використання стрижнів –чи найкрихіткіших предметів у ливарному виробництві – до місць складання ливарних форм;
- оптимальні траси і способи транспортування оборотних сумішей до місць їх приготування до повторного використання та бункерів у сумішоприготувальному відділенні;
- безперебійне транспортування готових ливарних форм до дільниць заливання їх металом;
- транспортування виливків від вибивальних ґраток у відділення фінішних операцій з одночасним їх охолодженням.

Склади свіжих сухих і регенованих пісків доцільно розташовувати в силосних баштах поза цехом біля основних користувачів цих матеріалів. Проміжні склади моделей і стрижневих ящиків необхідно розташовувати біля формувальних і стрижневих автоматів або машин та робочих місць, при цьому має бути забезпечене зручне і безперебійне транспортування цієї оснастки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 69 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

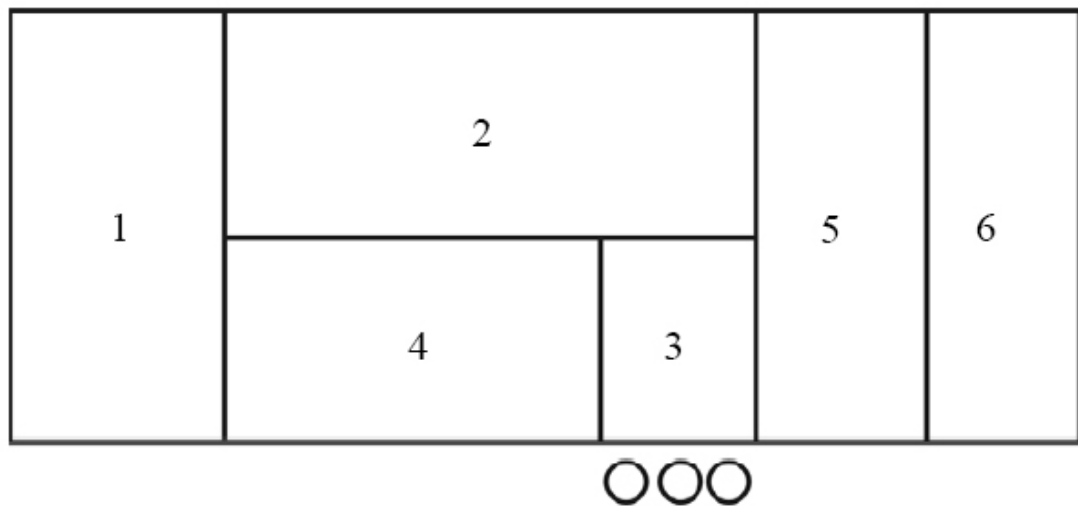


Рисунок 15.1. Оптимальна технологічна схема ливарного цеху:

1 – плавильне відділення із складом шихтових матеріалів та дільницею їх підготовки до використання; 2 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 3 – сумішеприготувальне відділення з дільницею підготовки до використання оборотної суміші та силосними баштами для сухого піску; 4 – стрижневе відділення із складами готових до використання стрижнів та стрижневих ящиків; 5 – відділення фінішних операцій з міжопераційними складами для виливків; 6 – склад готової продукції.

Переваги схеми цеху наведеного на рисунку:

- Плавильне відділення сполучається безпосередньо з формувально-складально-заливально-вибивальним відділенням, що дозволяє подавати метал безпосередньо з першого відділення на друге;
- Стрижневе відділення сполучається безпосередньо з також формувально-складально-заливально-вибивальним відділенням, що дозволяє транспортувати готові стрижні безпосередньо у відділення де вони монтуються перед заливкою. Також стрижневе та формувальне відділення знаходяться біля зовнішньої стіни будівлі, що забезпечує добре природне освітлення.

Сумішеприготувальне відділення сполучається безпосередньо з формувально-складально-заливально-вибивальним та стрижневим

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- відділеннями, що дозволяє подавати готову формувальну та стрижневу суміш безпосередньо в останні два відповідні відділення.
- Відділення фінішних операцій сполучається безпосередньо з формувально-складально-заливально-вибивальним відділенням, що дозволяє транспортувати готові вибиті виливки безпосередньо для фінішної підготовки;
- Відділення фінішних операцій побудовано таким чином, що згідно схеми на рис. послідовність процесу виготовлення виливків напрямлена від плавильного відділення до фінішних операцій, тобто на рис. зліва направо. В кінці (на правій стороні) відділення знаходиться дільниця термообробки виливків
- Відділення готових виливків межує з відділенням фінішних операцій, що дозволяє отримані виливки подавати безпосередньо на склад готової продукції.

Таким чином, при даній компоновці цеху забезпечується односторонній рух послідовності виготовлення виливків, без перетину на шляху циклу виробництва «зайвих» відділень

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 71 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

16. РЕЖИМИ РОБОТИ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ І ФОНДИ ЧАСУ РОБОТИ УСТАТКУВАННЯ І РОБІТНИКІВ.

В даному цеху, як цеху при серійному виробництві з високим рівнем механізації та автоматизації, застосовують паралельний режим роботи. Цей режим передбачає виконання всіх технологічних операції виготовлення виливків одночасно на різних виробничих ділянках.

Переваги такого режиму очевидні: в один і той же час кожна ділянка цеху виконує саме свою операцію, в один й тій же час відбуваються відразу декілька операцій що прискорює цикл виготовлення виливка та розвантажує цех.

Режим роботи – двозмінний. Третя змінна проводить операції з тривалого циклу нагріву (17...20 год) чавуну для низькотемпературного відпуску.

При проектуванні цеху застосовуються 3 фонди часу робітників та обладнання:

календарний фонд:

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

номінальний фонд Φ_n рівний календарному за винятком вихідних та святкових днів.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| | | | | | | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Режими роботи ливарних цехів і фонди часу роботи устаткування і робітників | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | | | 72 | 209 |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | КПІ | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

Дійсний фонд F_d який визначається шляхом виключення x номінального фонду часу витрати часу на технічне обслуговування та планово-попереджувальний ремонт обладнання. При 40- годинному робочому тижні номінальний фонд часу складає $F_n = 4140$ год при роботі в 2 зміни. Дійсний фонд часу при роботі також в 2 зміни, складає 1840 год. Тривалість відпустки при цьому складає 20 робочих днів.

Таблиця 16.1 – Режим роботи ливарного цеху та фонди часу роботи устаткування і робітників.

| Індекс | Устаткування | Утрати від номінального фонду часу, % | Дійсний фонд часу, год | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|------------------------|--|
| | | | устаткування | робітників |
| ФОРМУВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ | | | | |
| 1 | Лінія автоматичної комплексної формовки, заливки та вибивки моделі В715 | 10 | 3600 | 1840 |
| ПЛАВИЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ | | | | |
| 2 | Індукційні печі промислової частоти для плавлення чавуну місткістю 2,5 тонн | 7 | 3720 | 1740 (додаткова відпустка за складні умови роботи) |
| СТРИЖНЕВЕ ВІДДІЛЕННЯ | | | | |
| 3 | Комплексні механізовані лінії для виготовлення стрижнів із ХТС твердненням в оснастці | 8 | 3680 | 1840 |
| СУМІШЕПРИГОТУВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ | | | | |
| 4 | Змішувач ХТС-суміші Змішувальні котки для формувальної суміші | 10 | 3600 | 1800 (додаткова відпустка за складні умови роботи) |

Закінчення таблиці 16.1

| ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ | | | | |
|------------------------------|---|----|------------------------------|---|
| 5 | Барабани галтувальні безперервної дії | 8 | 3680 | 1780 (додаткова відпустка за складні умови) |
| 6 | Барабани дробометальні періодичної дії, | 5 | 3680 | 1780 (додаткова відпустка за складні умови) |
| 8 | Печі термічні електричні прохідного типу | 10 | 7700 (працюють в 3 зміни) | 1740 (додаткова відпустка за складні умови) |
| 10 | Металорізальні і деревооброблювальні верстати | 4 | 3840 | 1840 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 74 |

17. ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ

17.1 ПЛАВИЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ

Плавильне відділення розміщено в торці будівлі (див. схему), а саме плавильне устаткування розміщено на площах відділення так, щоби була мінімальна відстань транспортування рідкого металу від печей до місця його використання (заливального відділення).

На дільниці ремонту готують вогнетривку масу і виконують повний цикл підготування (видалення використаної футеровки, футерування, сушіння і підігрівання) ковшів до повторного використання.

Дільниця приготування футерувальних мас повинна бути оснащена вантажопідйомними засобами для обслуговування устаткування, транспортування до нього вихідних матеріалів і готових сумішей до місць футерування ковшів.

Стенди для сушіння ковшів обладнують місцевими витяжними зонтами та інжекційними пальниками середнього тиску. Ковші перед заповненням їх металом підігрівають на стендах такої ж конструкції.

Для контролю якості виплавленого металу в плавильному відділенні, безпосередньо біля плавильних печей, облаштовують місця для заливання технологічних проб та прилади для експрес – аналізу розплаву.

Експрес-лабораторію для визначення хімічного складу металів розміщують на площах центральної заводської лабораторії.

Ковшові дільниці та стенди для підігрівання ковшів розміщено на периферійних площах відділення в зоні дії піднімально-транспортних засобів, а деякі також уздовж траси монорейкових шляхів.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Проектування виробничих відділень | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 75 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

Виробництво виливків у цеху, що проектується, здійснюється з чавуну марок: СЧ 150 та СЧ 200. Тому металопотік розбиваємо на 2 групи за маркою чавуну.

Згідно табл., об'єм металлопродукції по чавуну СЧ150 складає 5581,68 тон, тоді об'єм металлопродукції по чавуну СЧ200 складає $15012,4 - 5581,68 = 9430,72$ тони. Згідно розподілу групи виливків по масі, останні належать всі до 1-ої групи (до 10 кг).

Угар і безповоротні втрати складають для чавуну при плавці в індукційній печі при кислій футерівці - 3 %.

Вихід придатного для дрібного литва для машинобудування приймаємо рівними для першої та другої груп - 68%). Тоді на ливники та брак залишається рівним 29%. На основі розрахунків потрібної кількості металу складаємо баланс металу (табл.17.1).

Таблиця 17.1 – Баланс металу

| Індекс | Груповий потік, КГ | Придатне литво, | | Ливники, брак | | Рідкий метал | | Угар та втрати | | Металозавалка | |
|--------|--------------------|-----------------|---------|---------------|---------|--------------|----------|----------------|--------|---------------|----------|
| | | % | т/рік | % | т/рік | % | т/рік | % | т/рік | % | т/рік |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2 | СЧ150 | 68 | 5581,68 | 29 | 2380,42 | 97 | 7962,1 | 3 | 246,25 | 100 | 8208,35 |
| 3 | СЧ200 | 68 | 9430,72 | 29 | 4021,52 | 97 | 13452,24 | 3 | 416,05 | 100 | 13868,29 |
| ВСЬОГО | | | 15012,4 | | 6401,94 | | 21414,34 | | 662,3 | | 22076,64 |

Для виплавлення чавуну марок СЧ150 та СЧ200 в цехах невеликої потужності застосовують моно-процес плавлення у вагранках або у індукційних тигельних печах.

Вагранки мають багато недоліків, серед них наступні:

- 1) Необхідність дефіцитного палива
- 2) Підвищений газовикид в повітря, копоть, складність монтажу та експлуатації газовідвідної та очисної системи.
- 3) Недостатня якість отриманого чавуну
- 4) Важкість контролю температури металу
- 5) Необхідність встановлення кауперів (повітронагрівачів), що займає додаткові площі цеху та підвищене обслуговування.
- 6) Велика висота вагранки.

Більш компактними та менш шкідливими є індукційні печі.

Основною перевагою індукційного плавлення в тигельних печах є стабільність хімічного складу металу через інтенсивне його перемішування. Другою перевагою є використання дешевої шихти на основі чавунного скрапу, легованих відходів, чавунної і сталевий стружок розсипом. Вибираємо печі марки ИЧТ-2,5/1,25.

Визначаємо годинну потребу в рідкому металі, тобто продуктивність плавильного відділення за формулою:

$$V_r = V_p / \Phi_d, \quad (17.1)$$

де V_r – середньо годинна продуктивність плавильного відділення, т/год.;

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи устаткування, $\Phi_d = 3720$ год.

V_p – маса рідкого металу на річну програму, т/рік, $V_p = 22076,64$ тон.

$$V_r = 22076,64 / 3720 = 5,93 \text{ т/год}$$

Виходячи з наведених параметрів визначаємо кількість печей за формулою:

$$n = V_p \cdot K_n / (\Phi_d \cdot q) \quad (17.2)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 77 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де n – кількість печей;

V_p – маса рідкого металу на річну програму, т/рік, %;

K_n – коефіцієнт нерівномірності виплавлення і використання рідкого металу, для серійного виробництва $K_n = 1,2$

F_d – дійсний річний фонд часу роботи печі, год.;

q – продуктивність печі, яка складає 1,25 т/год.

За формулою (17.3) визначаємо необхідну кількість індукційних печей для кожної марки сплаву:

$$n_{сч150} = 8208,35 \cdot 1,2 / (3720 \cdot 1,25) = 2,11$$

$$n_{сч200} = 13868,29 \cdot 1,2 / (3720 \cdot 1,25) = 3,58$$

Отже, встановлюємо 3 печі ИЧТ-2,5 для виплавлення чавуну СЧ150 , 4 печі ИЧТ-2,5 для виплавлення чавуну СЧ200 та 2 міксера на базі печей ИЧТ-2,5 для підтримки температури, вирівнювання хімічного складу та можливості модифікування чавуну, наприклад магнієм. Міксери поєднують з печами поворотними жолобами. Пуль керування печами знаходиться біля самих печей.

Коефіцієнт завантаження печей розраховуємо за формулою:

$$K_z = n / n_{п} \quad (17.4)$$

де n – розрахована необхідна кількість печей;

$n_{п}$ – прийнята кількість печей.

$$K_{z1} = 2,11 / 3 = 0,70$$

$$K_{z2} = 3,58 / 4 = 0,90$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 78 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 17.2 – Розрахункова таблиця для електропечей

| Дільниця, потік | Марка сплаву | Потрібна кількість рідкого металу, т/рік | Тип печі | Місткість печі, т | Тривалість циклу плавки, год | Середньогодинна продуктивність печі. т/год | Кількість печей | | Коефіцієнт завантаження |
|-----------------|----------------|--|---------------|-------------------|------------------------------|--|-----------------|----------|-------------------------|
| | | | | | | | Розрахункова | Прийнята | |
| 1 | СЧ150 | 8208,35 | ИЧТ-2,5/1,25 | 2,5 | 1,5 | 1,25 | 2,11 | 3 | 0,7 |
| 2 | СЧ200 | 13868,29 | | | | | 3,58 | 4 | 0,9 |
| 3 | СЧ150 та СЧ200 | | ИЧТМ-2,5/1,25 | | | | | 2 | |

Таблиця 17.3 - Технічна характеристика печі ИЧТ-2,5 та ИЧТМ-2,5 (міксер)

| | ИЧТ-2,5 | ИЧТМ-2,5 |
|---|---------|----------|
| Ємність печі, т | 2,5 | 2,5 |
| Потужність, кВт | 910 | 250 |
| Частота, Гц | 50 | 50 |
| Напруга на індукторі, В | 980 | 500 |
| Максимальна робоча температура, °С | 1400 | 1400 |
| Максимальна продуктивність, тон/год | 1700 | 4500 |
| Питома витрат електроенергії, кВт/год/т | 550 | 45 |

Кінець таблиці 17.3

| | | |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Габаритні розміри, мм | | |
| в плані | 3164*3000 | 3850*3000 |
| висота | 3620 | 4540 |
| Маса, кг | 17 | 17 |

Розрахунок шихти для плавки

Ведемо розрахунок спочатку на 100 кг.

Таблиця 17.4 - Хімічний склад чавунів, % масові

| Чавун/склад | C | Si | Mn | S | P |
|---------------------|---------|---------|---------|------------------|---------|
| СЧ200 Середній | 2,9-3,7 | 1,3-1,6 | 0,5-1,1 | до 0,12- 0,15 | до 0,3 |
| СЧ 200 Прийнятий | 3,30 | 1,45 | 0,80 | до 0,13 | до 0,30 |
| СЧ150 Середній | 3,5-3,7 | 2,0-2,4 | 0,5-0,8 | до 0,15 | до 0,20 |
| СЧ 150 Прийнятий | 3,60 | 2,20 | 0,65 | до 0,15 | до 0,20 |

Угар елементів при плавці в печі з кислою футерівкою складає:

$$C_{\text{угар}} - 5 \%, Si_{\text{угар}} - 3 \%, Mn_{\text{угар}} - 10 \%$$

Для СЧ200

Кількість елементів, які потрібно внести в шихту враховуючи угар:

$$C = (100 \cdot C_{\text{СП}}) / (100 - C_{\text{угар}}) = (100 \cdot 3,3) / (100 - 5) = 3,47\%;$$

$$Si = (100 \cdot Si_{\text{СП}}) / (100 - Si_{\text{угар}}) = (100 \cdot 1,45) / (100 - 3) = 1,49\%;$$

$$Mn = (100 \cdot Mn_{\text{СП}}) / (100 - Mn_{\text{угар}}) = (100 \cdot 0,80) / (100 - 10) = 0,89\%;$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 80 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вважаємо, що зворот власного виробництва складає 60% та чавунний металобрухт – 40%.

Таблиця 17.5 – Склад шихти та хімічний склад компонентів

| Компонент шихти | C | Si | Mn | S | P |
|-------------------------------------|-----|------|------|---------|---------|
| Чавунний брухт категорії А класу II | 3,3 | 1,45 | 0,80 | до 0,13 | до 0,30 |
| Зворот власного виробництва | 3,3 | 1,45 | 0,80 | до 0,13 | до 0,30 |

Таблиця 17.6 – Склад шихти та хімічний склад компонентів

| Компонент шихти | % | Маса, кг | C | Si | Mn | S | P |
|-------------------------------------|---------|----------|------|------|------|----------|---------|
| Чавунний брухт категорії А класу II | 40/40 | | 1,32 | 0,58 | 0,32 | до 0,052 | до 0,12 |
| Зворот | 60/60 | | 1,98 | 0,87 | 0,48 | до 0,078 | до 0,18 |
| ВСЬОГО | 100/100 | | 3,3 | 1,45 | 0,80 | до 0,13 | до 0,30 |

Із таблиці видно, що вуглецю недостатньо на $3,47 - 3,3 = 0,17\%$, або на 100 кг не вистачає $0,17 \cdot 100/100 = 0,17$ кг. Нестача вуглецю заповнимо введенням карбюризатора – електродної графітової стружки. 1 кг карбюризатора містить 0,95-0,98 кг вуглецю, тоді з врахуванням угару який становить 5% при введенні електродної графітової стружки у ванну потрапляє 0,9025-0,931 кг вуглецю.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 81 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Тоді в шихту треба ввезти карбюризатора $0,17/0,917 = 0,185$ на 100 кг. Кремнію не вистачає $1,49 - 1,45 = 0,04\%$, або на 100 кг - $0,04 \cdot 100/100 = 0,04$ кг. Додаємо феросиліцій ФС45 (C < 0,2%, Si = 0,41-0,47, Mn < 1,0%), тоді враховуючи його угару 3%, при введенні ФС45 у ванну потрапить 0,398-0,456 Si.

Тоді в шихту треба ввести ФС45 - $0,04/0,427 = 0,094$ кг на 100 кг. При цьому в метал поступить С враховуючи його угар:

$$C_{\text{FC}} = 0,15 \cdot 0,094 \cdot 0,01 \cdot 0,95 = 0,00013 \text{ кг}$$

- цією величиною нехтуємо.
Також в метал поступить Mn враховуючи його угар:

$$Mn_{\text{FC}} = 0,8 \cdot 0,094 \cdot 0,01 \cdot 0,90 = 0,0007 \text{ кг}$$

- цією величиною також нехтуємо.
Аналогічно для Mn. Не вистачає $0,89 - 0,80 = 0,09\%$ або 0,09 кг. Додаємо низьковуглецевий феромарганець ФМн90 (C < 0,5%, Si = 1,8, Mn = 85-95%),, враховуючи угар (10%), треба ФМн90 у кількості $0,09/(0,9 \cdot 0,9) = 0,111$ кг на 100 кг.

При цьому внесеним С нехтуємо. Кількість внесеного Si становить

$$Si_{\text{ФМН}} = 1,8 \cdot 0,01 \cdot 0,11 \cdot 0,97 = 0,0019 \text{ кг.}$$

Отже, феросиліцію ФС45 треба трохи менше, а саме $0,094 - 0,0019 = 0,092$ кг. Кількість елементів, які потрібно внести в шихту враховуючи угар:

$$C = (100 \cdot C_{\text{CP}})/(100 - C_{\text{угар}}) = (100 \cdot 3,6)/(100 - 5) = 3,79\%;$$

$$Si = (100 \cdot Si_{\text{CP}})/(100 - Si_{\text{угар}}) = (100 \cdot 2,2)/(100 - 3) = 2,27\%;$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 82 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$Mn = (100 Mn_{CP}) / (100 - Mn_{угар}) = (100 \cdot 0,65) / (100 - 10) = 0,72\%;$$

Вважаємо, що зворот власного виробництва складає 60% та чавунний металобрухт – 40%.

Таблиця 17.7 – Склад шихти та хімічний склад компонентів

| Компонент шихти | C | Si | Mn | S | P |
|-------------------------------------|-----|-----|------|---------|---------|
| Чавунний брухт категорії А класу II | 3,6 | 2,2 | 0,65 | до 0,15 | до 0,20 |
| Зворот власного виробництва | 3,6 | 2,2 | 0,65 | до 0,15 | до 0,20 |

Таблиця 17.8 – Склад шихти та хімічний склад компонентів

| Компонент шихти | % | Маса, кг | C | Si | Mn | S | P |
|-----------------|----------|----------|------|------|------|---------|---------|
| Чавунний брухт | 40/400 | | 1,52 | 0,91 | 0,29 | до 0,06 | до 0,08 |
| Зворот | 60/600 | | 2,27 | 1,36 | 0,43 | до 0,09 | до 0,12 |
| ВСЬОГО | 100/1000 | | 3,79 | 2,27 | 0,72 | до 0,15 | до 0,20 |

Із таблиці видно, що вуглецю недостатньо на $3,79 - 3,6 = 0,19\%$, або на 100 кг не вистачає $0,19 \cdot 100 / 100 = 0,19$ кг. Нестаток вуглецю заповнимо введенням карбюризатора – електродної графітової стружки.

1 кг карбюризатора містить 0,95-0,98 кг вуглецю, тоді з врахуванням угару який становить 5% при введенні електродної графітової стружки у виливок потрапляє 0,9025-0,931 кг вуглецю.

Тоді в шихту треба ввезти карбюризатора $0,19/0,917 = 0,207$ на 100 кг. Кремнію не вистачає $2,27 - 2,20 = 0,07\%$, або на 100 кг - $0,07 \cdot 100/100 = 0,07$ кг. Додаємо феросиліцій ФС45, який вміщує 0,41-0,47 кг Si, тоді враховуючи його угару 3%, при введенні ФС45 у ванну потрапить 0,398-0,456 Si. Внесеним С та Mn (менше 0,01 кг) нехтуємо.

Тоді в шихту треба ввести

$$\text{ФС45} - 0,07/0,427 = 0,164 \text{ кг на } 100 \text{ кг.}$$

Аналогічно для Mn. Не вистачає $0,72 - 0,65 = 0,07 \%$ або 0,07 кг. Додаємо феромарганець ФМн90 (90% Mn) враховуючи угар (10%), треба ФМн90 у кількості

$$0,07/(0,9 \cdot 0,9) = 0,086 \text{ кг на } 100 \text{ кг.}$$

Кількість внесеного Si становить

$$\text{Si}_{\text{ФМН}} = 1,8 \cdot 0,01 \cdot 0,086 \cdot 0,97 = 0,0015.$$

Тому ФС45 треба дещо менше, а саме –

$$0,164 - 0,0015 = 0,163 \text{ кг.}$$

Таблиця 17.9 – Зведена таблиця необхідних шихтових матеріалів для плавки чавуну в печі ІЧТ ємністю 2,5 тони.

| Чавун | Компонент та його маса, кг | | | | | | Треба в піч ємністю 2,5 тонн |
|-------|----------------------------|--------|--------------|------------------|---------------------|-------------------|------------------------------|
| | Чавунний брухт №2 | Зворот | Карбюризатор | Феросиліцій ФС45 | Феромарганець ФМн90 | ВСЬОГО (з угаром) | |
| | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|----|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | 84 | |

Закінчення таблиці 17.9

| | | | | | | | |
|-------|----|----|-------|-------|-------|-------------|------|
| СЧ200 | 40 | 60 | 0,185 | 0,092 | 0,111 | 100,38 8 | 2510 |
| СЧ150 | 40 | 60 | 0,207 | 0,163 | 0,086 | 100,45 6 | 2511 |

Таблиця 17.10 - Витрати матеріалів на річну програму при плавленні чавуну СЧ150 та СЧ200

| Найменування | Витрати, кг | | | |
|-----------------------------------|-------------|----------------------------|---------|----------------------------|
| | СЧ15 | | СЧ20 | |
| | на тону | на річну програму (15 000) | на тону | на річну програму (15 000) |
| Брухт чавунний (40%) | 218,9 | 3283340 | 369,8 | 5547316 |
| Зворот власного виробництва (60%) | 328,3 | 4925010 | 554,7 | 8320974 |
| Феросиліцій ФС45 | 1,63 | 34450 | 0,92 | 13800 |
| Феромарганець ФМн90 | 0,86 | 12900 | 1,11 | 16650 |
| Карбюрізатор | 2,07 | 31050 | 1,85 | 27750 |
| Кварц молотий (футерівка тигля) | 35 | 525000 | 35 | 525000 |
| Борна кислота | 1,5 | 22500 | 1,5 | 22500 |
| Цегла шамотна | 25 | 375000 | 25 | 375000 |
| Глина вонетрівка | 16 | 240000 | 16 | 240000 |
| Азбестовий лист | 0,8 | 12000 | 0,8 | 12000 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 85 |

17.2 РОЗРАХУНОК ПАРКУ КОВШІВ

Для розливки чавуну застосовують крановий чайниковий ківш. При металоємності форми до 14 кг застосовується ківш місткістю 250 кг з циклом обертання 10 хв, Середня кількість форм, які заливаються цим ковшем становить 14...18 шт.

При плавці в індукційній печі кількість ковшів

$$n = (K \cdot M) / (E \cdot H), \quad (17.5)$$

де M — розрахункова годинна потреба в рідкому металі, т/год;

K_H — коефіцієнт нерівномірності виплавляння та використання рідкого металу;

E — вибрана місткість ковша, т;

H — кількість відбирань металу за годину (для індукційних печей $H \geq 3$)

$$n_K = (1,5 \cdot 5,93) / (0,25 \cdot 4) = 8,9$$

Парк ковшей розраховується за формулою

$$N_i = K_1 \cdot K_2 \cdot n_K, \text{ шт} \quad (17.6)$$

де K_1 — коефіцієнт, який враховує кількість ковшей в ремонті, $K_1 = 1 \dots 2$

K_2 — коефіцієнт запаса, $K_2 = 1,2$.

$$n_{KP} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot 8,9 = 16$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 86 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

18. РОЗРАХУНОК ІНДУКЦІЙНОЇ ПЕЧІ

18.1 РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ПЕЧІ

Визначаємо корисний об'єм тигля за його масою:

$$V_0 = M_0/\gamma_0, \text{ м}^3, \text{ м}^3$$

де M_0 – ємність печі по рідкому чавуну, кг;

γ_0 – густина рідкого чавуну, кг/м³

$$V_0 = 2500/7000 = 0,3571 \text{ м}^3$$

Для вибору форми тигля слід задатись співвідношенням:

$$A = d_0/h_0$$

де d_0 - середній внутрішній діаметр тигля, м;

h_0 – висота ванни металу в тиглі, м;

За даними Вайнберга, для великих печей ємністю від 1500 до 3000 кг рекомендовано (менші значення для менших печей):

$$A = d_0/h_0 = 0,75 - 0,80$$

Для печей серії ІЧТ можна прийняти:

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Розрахунок індукційної печі | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 87 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

$$A = 0,8 M_0^{0,05}$$

$$A = 0,8 \cdot 2,5^{0,05} = 0,84$$

Визначаємо середній діаметр об'єму рідкого металу в тиглі за формулою:

$$d_0 = [(4AM_0)/(\pi\gamma_0)]^{1/3}, \text{ м}$$

$$d_0 = [(4 \cdot 0,84 \cdot 2,5)/(\pi 7,0)]^{1/3} = 0,726 \text{ м}$$

Приймаємо $d_0 = 0,73 \text{ м}$.

Знаючи d_0 , визначаємо h_0 за об'ємом ванни металу:

$$h_0 = (4V_0)/(d_0^2\pi), \text{ м}$$

$$h_0 = (4 \cdot 0,3571)/(\pi 0,73^2) = 0,854 \text{ м}$$

Приймаємо $h_0 = 0,85 \text{ м}$.

Тоді відношення становить $A = d_0/h_0 = 0,73/0,85 = 0,86$. Товщина вогнетривкого шару футерівки для печей ємністю до 0,5 тон складає:

$$\Delta\phi = (1/8 \dots 1/6) d_0, \text{ м}$$

$$\Delta\phi = (0,125 \dots 0,167) 0,73 = 0,09 \dots 0,122 \text{ м}$$

За даними, товщина шару футерівки складає 13 см.

Приймаємо $\Delta\phi = 120 \text{ мм}$.

Товщина теплоізоляційного шару (азбестова замазка) між тиглем та індуктором складає $\Delta t = 5 \text{ мм}$.

Товщина футерівки розрахована по рівню на середині висоти ванни металу, так як тигель має форму звужуючого циліндру з кутом нахилу твірної $\alpha = 5^\circ$.

Внутрішній діаметр індуктора

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 88 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$D_{И} = d_0 + 2(\Delta\phi + \Delta T), \text{ м}$$

$$D_{И} = 0,73 + 2(0,12 + 0,005) = 0,98 \text{ м}$$

Визначаємо висоту індуктора:

$$h_{И} = C h_0, \text{ м}$$

де C – коефіцієнт, який враховує фактор, що висота індуктора повинна бути більшою корисної висоти тигля, так як у кінців індуктора напруженість магнітного поля зменшена внаслідок розсіювання,

$$C = 1,1 - 1,3$$

$$h_{И} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 \text{ м.}$$

При цьому нижній торець індуктора повинен бути розташовано на 5-15% нижче рівня металу.

Висота тигля:

$$h_T = (1,1 - 1,3) h_0, \text{ м}$$

$$h_T = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 \text{ м.}$$

Приймаємо $h_T = 1,02 \text{ м.}$

Визначаємо верхній та нижній діаметри тигля (відповідно верху та днища), знаючи кут нахилу твірної тигля до вертикалі $\alpha = 5^\circ$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 89 |

$$d^B_0 = d_0 + 2 \cdot \text{tg} \alpha \cdot (h_T/2), \text{ м}$$

$$d^B_0 = 0,73 + 2 \cdot \text{tg} 5^\circ \cdot (1,02/2) = 0,82 \text{ м}$$

$$d^H_0 = d_0 - 2 \cdot \text{tg} \alpha \cdot (h_T/2), \text{ м}$$

$$d^H_0 = 0,73 - 2 \cdot \text{tg} 5^\circ \cdot (1,02/2) = 0,64 \text{ м}$$

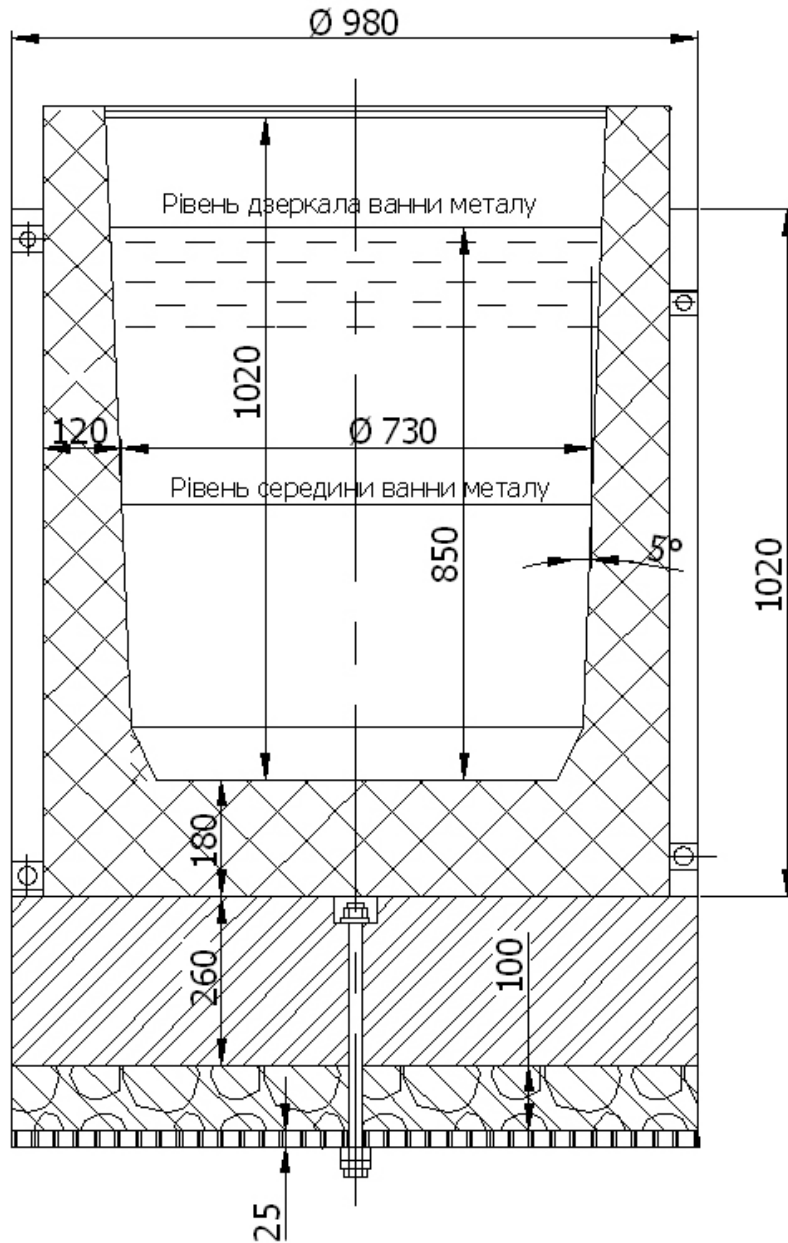


Рисунок 18.1. – Ескіз робочого простору тигельної індукційної печі
ИЧТ-2,5

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

Арк.

90

18.2 ФУТЕРІВКА ПЕЧІ

Футерівка індукційної тигельної печі повинна витримувати теплове, хімічне та ерозійне навантаження рідкого металу, хімічну дію шлаку, статичний тиск стовпа рідини металу (до 40...80 кПа), механічні зусилля при завантаженні шихти та при осаджуванні мостів, які утворюються під час переплаву.

Основними елементами футерівки печі є: тигель, якій утворює плавильний простір та визначає ємність печі; кришка тигля; подина, яка слугує основою та яку встановлюється тигель та індуктор; стрічкова кераміка, яка призначена для утворення потоку рідкого металу при зливі його з тигля; комір, який сполучує тигель та стрічкову кераміку.

Футерівка печі кисла, двошарова, набивна. Як було розраховано в п.1, товщина набивного шару в середній частині тигля складає 130 мм, 5 мм приходить на захисну теплоізоляційну обмазку індуктора.

Матеріал стінки тигля – спечена кварцитна маса (98...98,5% кварцит визначеного гранулометричного складу, та 1,5 – 2,0% борної кислоти), зв'язуюча суміш борної кислоти, рідкого скла та вогнетривкої глини.

Масова доля борної кислоти для кислої футерівки – в придонній частині тигля 1%, в верхній її частині – близько 2%. Тигель для невеликих печей отримують шляхом пресування в спеціальних розбірних прес-формах. При встановленні такого тигля в індуктор, його засипають з боків порошкоподібними вогнетривкими матеріалами. Стійкість тиглів з кислих матеріалів набагато більша, ніж при виготовленні з основних.

Футерівка подини наступна: робочий шар (кварцитна набивна маса) – 180 мм, вогнетривкий шамот ША – 260 мм (4 шари цегли по 65 мм товщиною на «плашку»), жаростійкий бетон 100 мм та азбестоцементна плита 25 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 91 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

18.3 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ПЕЧІ

Корисна витрата енергії яка витрачається на нагрів чавунної завалки до температури солідус, плавлення та перегрів рідкого металу до температури розливки в індукційній тигельній печі

$$W_{\text{КОР}} = W_{\text{УТ}} \cdot m_0, \text{кДж} \quad (18.1)$$

де m_0 – маса металошихти, кг

$W_{\text{УТ}}$ – питома теоретична витрата енергії для індукційної плавки, кДж/кг

$$W_{\text{УТ}} = \Delta H_{\text{Ш}} + \Delta H_{\text{Ж}}, \text{кДж/кг} \quad (18.2)$$

де $\Delta H_{\text{Ш}}$ – зміна ентальпії металу в процесі його нагрівання до температури плавлення, та при самому процесі плавлення, кДж/кг;

$\Delta H_{\text{Ж}}$ - зміна ентальпії металу при його перегріві над температурою плавлення (до температури розливки), кДж/кг;

$$\Delta H_{\text{Ш}} = C_{\text{ТВ}} \cdot (T_{\text{С}} - T_0) + \Lambda_{\text{Ф}}, \text{кДж/кг} \quad (18.3)$$

де $T_0, T_{\text{С}}$ – температури відповідно початкова та початку плавлення чавунної (солідус), К

$C_{\text{ТВ}}$ – середня питома теплоємність твердої металошихти, кДж/(кг · °С)

$\Lambda_{\text{Ф}}$ – питома теплота плавлення металошихти, кДж/кг.

Для плавик сірого чавуну СЧ200, За Fe-C діаграмою при $C = 3,3\%$ визначаємо, що $T_{\text{С}} = 1150^\circ\text{С}$, $T_{\text{Л}} = 1270^\circ\text{С}$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 92 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

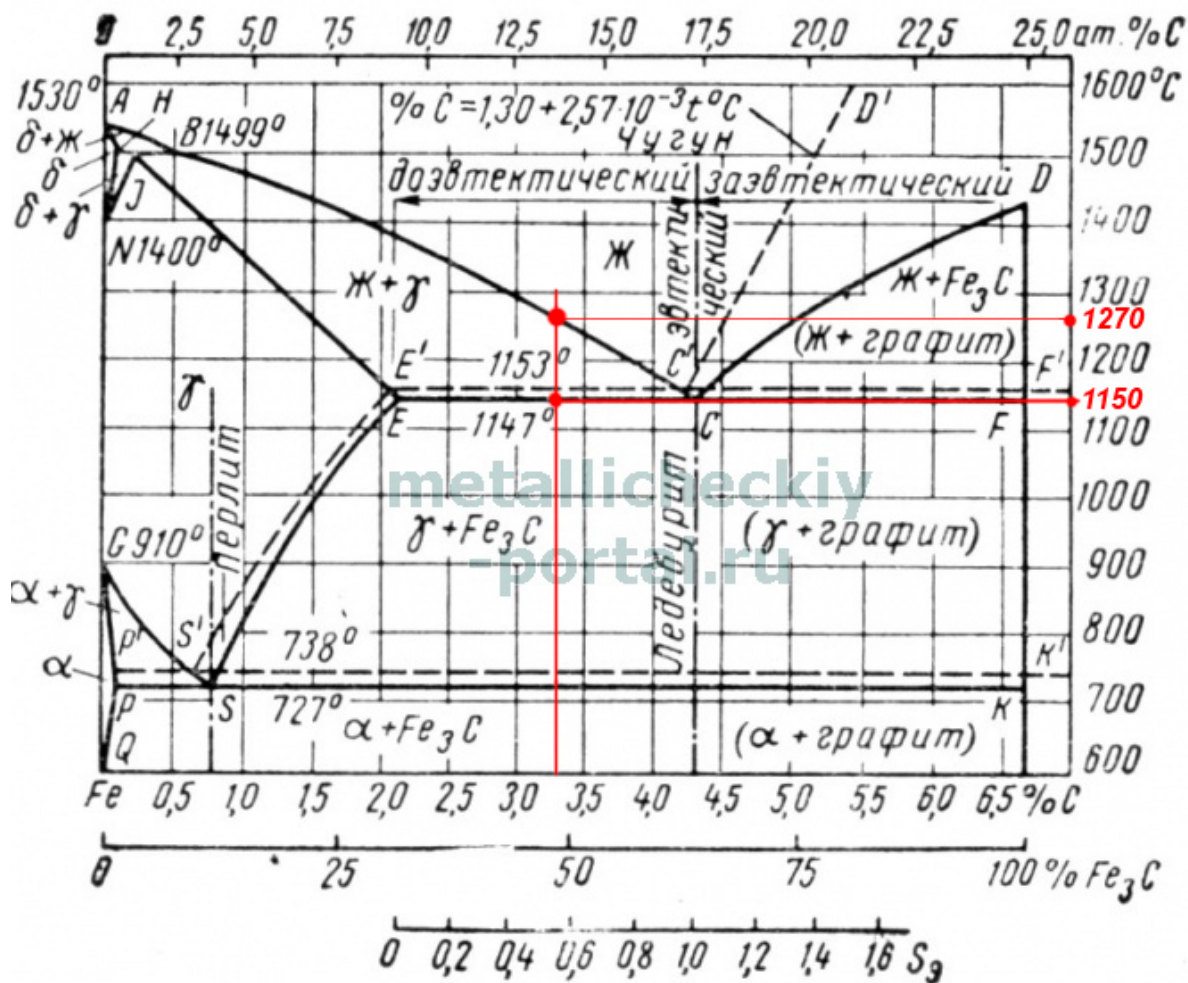


Рисунок 18.2 – Діаграма стану сірого чавуну.

Згідно даних ГОСТ 1412-85 (Чавун с пластинчастим графітом для відливок Марки), для сірого чавуну

$$C_{TB} = 0,13 \text{ кКал}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) = 0,13 \cdot 4,184 = 0,544 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) \text{ та } \Lambda_{\Phi} = 100 \text{ кДж}/\text{кг}$$

$$\Delta H_{III} = 0,544 \cdot (1150 - 293) + 100 = 566,2 \text{ кДж}/\text{кг}$$

$$\Delta H_{Ж} = C_{Ж} \cdot (T_{Р} - T_{Л}), \text{ кДж}/\text{кг}$$

де $T_{Р}$, $T_{Л}$ – температури відповідно розливки та кінця плавлення чавунної шихти (ліквідус), К. Для сірого чавуну $T_{Р} = 1643 \text{ К}$.

$C_{Ж}$ – середня питома теплоємність рідкого чавуну, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.

За даними

$$C_{Ж} = 0,160 \text{ кКал}/(\text{кг } ^\circ\text{C}) = 0,16 \cdot 4,184 = 0,670 \text{ кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$$

$$\Delta H_{Ж} = 0,67 \cdot (1643 - 1543) = 67,0 \text{ кДж}/\text{кг}$$

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|-----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 93 |

Таким чином

$$W_{\text{УТ}} = 566,2 + 67,0 = 633,2 \text{ кДж/кг}$$

Тоді, корисні витрати енергії становлять

$$W_{\text{КОР}} = 633,2 \cdot 2500 = 15830000 \text{ кДж}$$

Або переводячи в «кВт»

$$W_{\text{КОР}} = 15830000/3600 = 440 \text{ кВт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 94 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

19. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВИТРАТ

19.1 ТЕПЛОВІ ВИТРАТИ ТЕПЛОПРОВІДНІСТЮ КРИЗЬ СТІНКУ ПЕЧІ

Розрахунок ведемо за формулою для циліндричної стінки.

$$Q_{СТ} = (T_P - T_B) \cdot 10^{-3} \left\{ \sum \left[\ln(D_{i+1}/D_i) / (2\pi \cdot \lambda_i \cdot h_T + 1/(\alpha_{СТ.О.})) \right]^{-1} \right\}, \text{ Вт}$$

де T_P – температура внутрішньої поверхні футерівки тигля, рівна температурі рідкого металу, К, $T_P = T_{Л} + 100 + 273 = 1643 \text{ К}$

T_B – температура води, яка охолоджує індуктор, К,

D_i – діаметр i -го шару футерівки тигля, м,

λ_i – теплопровідність i -го шару футерівки тигля, Вт/(м·К),

α – коефіцієнт конвективної тепловіддачі в системі охолодження індуктора, Вт/(м² К),

$S_{Т.О.}$ – площа тепловіддаючої поверхні індуктора, м²,

h – висота ванни металу, м,

Футерівка тигля наступна: кисла кварцитна набивна маса – 120 мм, азбестовий картон – 5 мм, захисна обмазка індуктора – 5 мм.

Враховуючи дуже велике значення коефіцієнту тепловіддачі в системі охолодженні індуктора $\alpha \approx 5 \text{ кВт/м}^2$, та високу теплопровідність мідної стінки індуктора (390 Вт/(м·К)) останнім членом формули нехтуємо.

Визначаємо діаметри шарів футерівки:

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | Панченко | | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | Іванченко | | | | | 95 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | Розрахунок теплових витрат КПП ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |

$$D_1 = d_0 = 0,73 \text{ м}$$

$$D_2 = D_1 + 2\delta_1 = 0,73 + 2 \cdot 0,120 = 0,97 \text{ м}$$

$$D_3 = D_2 + 2\delta_2 = 0,97 + 2 \cdot 0,005 = 0,98 \text{ м}$$

$$D_4 = D_3 + 2\delta_3 = 0,98 + 2 \cdot 0,005 = 0,99 \text{ м}$$

Задаємо розподіленням температур по межах шарів: $T_1 = 600 \text{ К}$, $T_2 = 400 \text{ К}$,
 $T_3 = 320 \text{ К}$.

Визначаємо середні температури шарів

$$T_{CP1} = 0,5 \cdot (T_P + T_1) = 0,5 \cdot (1643 + 600) = 1122 \text{ К}$$

$$T_{CP2} = 0,5 \cdot (T_1 + T_2) = 0,5 \cdot (600 + 400) = 500 \text{ К}$$

$$T_{CP3} = 0,5 \cdot (T_2 + T_3) = 0,5 \cdot (400 + 320) = 360 \text{ К}$$

Визначаємо коефіцієнти теплопровідності шарів при відповідних температурах:

$$\lambda_1 = 0,74 \text{ Вт/(м К)}, \lambda_2 = 0,19 \text{ Вт/(м К)}, \lambda_3 = 0,70 \text{ Вт/(м К)}$$

Визначаємо відношення зовнішніх та внутрішніх діаметрів циліндричних шарів футерівки стінки тигля

$$D_2/D_1 = 0,97/0,73 = 1,33 < 1,8$$

$$D_3/D_2 = 0,98/0,97 = 1,01 < 1,8$$

$$D_4/D_3 = 0,99/0,98 = 1,01 < 1,8$$

Середня розрахункова площа кожного шару футерівки

$$S_{pi} = 0,5\pi h_T \cdot (D_i + D_{i+1}), \text{м}^2$$

h_T – висота тигля, м

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 96 |

$$S_{p1} = 0,5\pi 1,02 \cdot (0,73 + 0,97) = 2,722 \text{ м}^2$$

$$S_{p2} = 0,5\pi 1,02 \cdot (0,98 + 0,97) = 3,112 \text{ м}^2$$

$$S_{p3} = 0,5\pi 1,02 \cdot (0,98 + 0,99) = 3,155 \text{ м}^2$$

Теплові опори кожного шару футерівки

$$R_{Ti} = \delta_i / (\lambda_i S_{pi}), \text{ К/Вт}$$

$$R_{T1} = 0,120 / (0,74 \cdot 2,722) = 0,060 \text{ К/Вт}$$

$$R_{T2} = 0,005 / (0,19 \cdot 3,112) = 0,008 \text{ К/Вт}$$

$$R_{T3} = 0,005 / (0,70 \cdot 3,155) = 0,002 \text{ К/Вт}$$

Визначаємо теплові витрати крізь стінку печі враховуючи все вищесказане за спрощеною формулою

$$Q_{CT} = \{(T_P - T_B) / (R_{T1} + R_{T2} + R_{T3})\}, \text{ Вт}$$

$$Q_{CT} = \{(1643 - 315) / (0,060 + 0,008 + 0,002)\} = 18866 \text{ Вт}$$

Прийняті значення температур по межах шарів треба перевірити за тепловим потоком з урахуванням відповідного теплового опору.

$$T'_1 = T_P - Q_{CT} R_{T1}, \text{ К}$$

$$T'_2 = T'_1 - Q_{CT} R_{T2}, \text{ К}$$

$$T'_3 = T'_2 - Q_{CT} R_{T3}, \text{ К}$$

$$T'_1 = 1643 - 18866 \cdot 0,06 = 511 \text{ К}$$

$$T'_2 = 511 - 18866 \cdot 0,008 = 360 \text{ К}$$

$$T'_3 = 360 - 18866 \cdot 0,002 = 322 \text{ К}$$

Похибка визначення температур складає

$$\Delta_1 = [(600 - 511) / 600] \cdot 100 = 15 \%$$

$$\Delta_2 = [(400 - 360) / 400] \cdot 100 = 11 \%$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 97 |

$$\Delta_3 = [(322 - 320)/322] \cdot 100 = 0,7 \%$$

Так як похибка між розрахунковою та прийнятою температурою становить більше 10%, то проводимо перерахунок.

Задасмо розподіленням температур по межах шарів: $T_1 = 510$ К, $T_2 = 380$ К, $T_3 = 320$ К.

Визначаємо середні температури шарів

$$T_{CP1} = 0,5 \cdot (T_P + T_1) = 0,5 \cdot (1643 + 510) = 1077 \text{ К}$$

$$T_{CP2} = 0,5 \cdot (T_1 + T_2) = 0,5 \cdot (510 + 360) = 435 \text{ К}$$

$$T_{CP3} = 0,5 \cdot (T_2 + T_3) = 0,5 \cdot (360 + 320) = 340 \text{ К.}$$

Визначаємо коефіцієнти теплопровідності шарів при відповідних температурах:

$$\lambda_1 = 0,72 \text{ Вт/(м К)}, \lambda_2 = 0,19 \text{ Вт/(м К)}, \lambda_3 = 0,70 \text{ Вт/(м К)}$$

Теплові опори кожного шару футерівки

$$R_{Ti} = \delta_i / (\lambda_i S_{pi}), \text{ К/Вт}$$

$$R_{T1} = 0,120 / (0,72 \cdot 2,722) = 0,061 \text{ К/Вт}$$

$$R_{T2} = 0,005 / (0,19 \cdot 3,112) = 0,008 \text{ К/Вт}$$

$$R_{T3} = 0,005 / (0,70 \cdot 3,155) = 0,002 \text{ К/Вт}$$

Визначаємо теплові витрати крізь стінку печі враховуючи все вищесказане за спрощеною формулою

$$Q_{CT} = \{(T_P - T_B) / (R_{T1} + R_{T2} + R_{T3})\}, \text{ Вт}$$

$$Q_{CT} = \{(1643 - 315) / (0,061 + 0,008 + 0,002)\} = 18704 \text{ Вт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 98 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Прийняті значення температур по межах шарів треба перевірити за тепловим потоком з урахуванням відповідного теплового опору.

$$T'_1 = 1643 - 18704 \cdot 0,061 = 502 \text{ К}$$

$$T'_2 = 502 - 18704 \cdot 0,008 = 352 \text{ К}$$

$$T'_1 = 352 - 18704 \cdot 0,002 = 315 \text{ К}$$

Похибка визначення температур складає:

$$\Delta_1 = [(511 - 502)/511] 100 = 2 \%$$

$$\Delta_2 = [(380 - 352)/380] 100 = 7 \%$$

$$\Delta_3 = [(320 - 315)/320] 100 = 2 \%$$

Тепер похибка між розрахунковою та прийнятою температурою становить менше 10%, тому перерахунок не проводимо.

19.2 ТЕПЛОВІ ВИТРАТИ ТЕПЛОПРОВІДНІСТЮ КРИЗЬ ПОДИНУ ПЕЧІ

Розрахунок ведемо за формулою для циліндричної стінки.

$$Q_{\text{ПОД}} = (T_P - T_{B2}) 10^{-3} \{ \sum [\delta / (\lambda S_p)]_i + 1 / (\alpha_2 \text{ ст.о.}) \}^{-1}, \text{ Вт}$$

де α_2 – коефіцієнт тепловіддачі з тепловіддаючої поверхні оберненої донизу, Вт/(м² К),

δ – товщина шару футерівки, м,

Визначаємо коефіцієнт конвективної тепловіддачі з тепловіддаючої поверхні оберненої донизу

$$\alpha_K = k (T_{\text{т.о.}} - T_B)^{0,25}, \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 99 |

де k – коефіцієнт, для горизонтальної тепловіддаючої поверхні, оберненої донизу,
 $k = 2,6$,

Радіаційна складова коефіцієнту тепловіддачі

$$\alpha_{и} = \varepsilon \sigma [(T_{т.о.}/100)^4 - (T_{в.}/100)^4]/(T_{т.о.} - T_{в.}), \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$$

де ε – приведена ступінь чорноти, $\varepsilon = 0,8$ в системі «тигель-метал»,
 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$ - ступінь чорноти абсолютно чорного тіла,

В приймаючи $T_{т.о.} = 400 \text{ К}$ та $T_{в.} = 285 \text{ К}$, знаходимо сумарний коефіцієнт тепловіддачі в системі поверхні оберненої донизу, для кожуху офарбованого масляною фарбою $\alpha_2 = 16,01 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Радіаційна складова коефіцієнту тепловіддачі.

$$\alpha_{и} = 0,8 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} (400^4 - 285^4)/(400 - 285) = 7,495 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Футерівка поду наступна:

кварцитова набивна маса – 180 мм,

шамотна цегла – 260 мм

жаростійкий бетон – 100 мм,

азбестоцементна плита – 40 мм,

чавунний кожух – 5 мм.

Згідно практичним заводським даним теплові витрати теплопровідністю крізь поду печі складають приблизно третину від теплопровідності крізь стінку, тобто в даній печі становлять

$$Q_{под} \approx 1/3 Q_{ст} = 1/3 18704 \approx 6235 \text{ Вт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 100 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

19.3 ТЕПЛОВІ ВИТРАТИ ТЕПЛОПРОВІДНІСТЮ КРІЗЬ КРИШКУ ПЕЧІ

Теплові витрати крізь кришку тигля визначаємо за формулою як для одношарової стінки

Футерівка кришки наступна:

кварцитна набивна маса – 100 мм,

сталевий кожух – 5 мм.

Сталевий кожух печі має великий коефіцієнт теплопровідності та малу товщину (тепловим опором якого можна знехтувати), тому теплопередачу крізь кришку печі можна розглядати як теплопередачу крізь одношарову стінку (без перевірки правильності вибраних температур).

Середня температура шару кварцитної цегли (враховуючи температуру кожуха печі 50°C)

$$T_{CP1} = 0,5 \cdot (1643 + 323) = 983 \text{ K}$$

Коефіцієнти теплопровідності кварцитної маси при цій температурі $\lambda_1 = 0,7$ Вт/(м·К),

Середні розрахункова площа шару:

$$S_{p1} = (4/3) \cdot \pi \cdot (D_{KP})^2 \cdot 0,25, \text{ м}^2$$

де D_{KP} – діаметр кришки, м.

Діаметр кришки більше діаметру ванни металу приблизно по 150 мм на сторону

$$D_{KP} = 0,73 + 2 \cdot 0,15 = 1,03 \text{ м}$$

$$S_{p1} = (4/3) \cdot \pi \cdot (1,03)^2 \cdot 0,25 = 1,11 \text{ м}^2$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 101 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Тепловий опір

$$R_{T1} = 0,1/(0,7 \cdot 1,11) = 0,13 \text{ К/Вт}$$

Отже, теплові витрати крізь кришку, розраховуємо як крізь одношарову стінку, а саме:

$$Q_{кр} = (1643 - 285)/0,13 = 10446 \text{ Вт.}$$

19.4 ТЕПЛОВІ ВИТРАТИ ВИПРОМІНЕННЯМ

Теплові витрати випроміненням з дзеркала ванни рідкого металу та шлаку визначаємо за формулою

$$Q_{випр} = \sigma [(T_p/100)^4 - (T_0/100)^4] F \varepsilon \psi \tau, \text{ Вт}$$

де T_p – температура розплаву, К,

T_0 – температура навколишнього середовища, К,

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \text{ К}^4)$ - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла,

F – площа отвору з якого відбувається випромінювання, м^2

$$F_B = \pi \cdot D_B^2 \cdot 0,25, \text{ м}^2$$

D_B – діаметр дзеркала ванни шлаку, м

$$D_B = d_0 + 2(h_0/2) \operatorname{tg} \alpha \text{ м}$$

де α – кут нахилу твірної тигля, $\alpha = 5^\circ$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 102 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$D_B = 0,73 + 2 \cdot (0,73/2) \operatorname{tg}5 \cdot 1,02 = 0,80 \text{ м}$$

$$F_B = \pi \cdot 0,80^2/4 = 0,502 \text{ м}^2$$

ε – ступінь чорноти рідкого металу, $\varepsilon = 0,45$

ψ – коефіцієнт діафрагмування, для круглого отвору із співвідношенням $A/B = d_0/h_T = 0,73/1,02 \approx 0,7$, в для кола (переріз тигля) $\psi = 0,45$

τ - доля часу, коли кришка печі відкрита і відбувається випромінення в навколишнє середовище, $\tau = 0,25$

$$Q_{\text{ВИПР}} = 5,67 [(1643/100)^4 - (293/100)^4] \cdot 0,502 \cdot 0,45 \cdot 0,45 \cdot 0,25 = 10490 \text{ Вт.}$$

19.5 СУМАРНІ ТЕПЛОВІ ВИТРАТИ

Сумарні теплові витрати складають

$$Q_{\Sigma\text{ТВ}} = Q_{\text{СТ}} + Q_{\text{ПОД}} + (Q_{\text{КР}} + Q_{\text{ВИПР}})/\tau_{\text{ПЛ}}, \text{ Вт}$$

де $\tau_{\text{ПЛ}}$ – сумарна тривалість плавки, год.

Для печі типу ИЧТ ємністю 2500 кг, тривалість плавки складає близько $\tau_{\text{ПЛ}} = 2,5$ год

$$Q_{\Sigma\text{ТВ}} = 18704 + 6235 + (10446 + 10490) \cdot 2,5 = 77280 \text{ Вт}$$

Активна потужність печі, необхідна для компенсації теплових витрат, враховуючи 10-20% неврахованих витрат складає:

$$P_{\text{Т.В.}} = (1,1 - 1,2) \cdot Q_{\Sigma\text{ТВ}}, \text{ Вт}$$

$$P_{\text{Т.В.}} = 1,2 \cdot 77280 = 92736 \text{ Вт} = 92 \text{ кВт}$$

Сумарна потужність, яка повинна виділятись в металі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 103 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$D_B = 0,73 + 2 \cdot (0,73/2) \operatorname{tg} 5^\circ \cdot 1,02 = 0,80 \text{ м}$$

$$F_B = \pi \cdot 0,80^2 / 4 = 0,502 \text{ м}^2$$

$$P_{ME} = k \cdot (P_{T.B.} + W_{KOP}), \text{ кВт}$$

де k – коефіцієнт, який враховує електричні витрати в індукторі та магнітопроводі, $k = 1,7$

$$P_{ME} = 1,7 \cdot (92 + 440) = 904 \text{ кВт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 104 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

20. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ПЕЧІ

Потужність, яка повинна подаватись в садку, в метал розраховуємо із формули

$$P_{\Pi} = [(M_0 \cdot P_{ME} \cdot 10^3)/(860 \cdot \tau \cdot \eta_T)], \text{ кВт}$$

де M_0 – ємність тигля по рідкому чавуну, т,

$W_{\text{КОР}}$ - корисні витрати тепла на нагрів, плавлення металоскрапу та її перегрів до температури розливки, кВт год/т,

τ – тривалість енергетичного періоду плавлення, год, $\tau = 1,5$ год,

η_T – тепловий ККД печі, $\eta_T = 0,75 - 0,85$

$$P_{\Pi} = [(2,5 \cdot 360 \cdot 10^3)/(860 \cdot 1,5 \cdot 0,8)] = 870 \text{ кВт}$$

| | | | | | | | | | |
|-----------|------|-----------|--------|------|-------------------------------|--|-----------------------|------|---------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Розрахунок потужності печі | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Іванченко | | | | | | 105 | 209 |
| Реценз. | | | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | | | |

21. ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПЕЧІ

Визначаємо поправочний коефіцієнт активної потужності, який характеризує умови згасання циліндричної електромагнітної хвилі в металі $K_{M.P}$. Визначаємо еквівалентну глибину проникнення плоскої електромагнітної хвилі в нагріває мий метал:

$$\delta_{E.M.} = 500 [\rho_M / (\mu_M \cdot f)]^{0.5}, \text{ м}$$

де ρ_M – питомий електричний опір нагріваємого металу, Ом м

Для сірого чавуну СЧ

$$\rho_M = 0,85 \cdot 10^{-6} \text{ Ом м}$$

f – частота струму печі, Гц

Піч працює від промислової частоти, тобто $f = 50 \text{ Гц}$

$$\delta_{E.M.} = 500 [0,85 \cdot 10^{-6} / (1,0 \cdot 50)]^{0.5} = 0,065 \text{ м}$$

Відношення

$$D_0 / \delta_{E.M.} = 0,73 / 0,065 \approx 11$$

при $D_0 / \delta_{E.M.} = 11$, визначаємо, що $K_{M.P} = 0,9$

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| | | | | | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | 106 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | Електричний розрахунок печі КП ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |

Визначаємо настил струму:

$$IN_1 = (400/K_{M.P}) \cdot \{P_{ME}/[D_0 \cdot h_0 \cdot (\rho_M \cdot f)^{0.5}]\}^{0.5}, \text{ A/м}$$

де P_{ME} – потужність, яка виділяється в металі, кВт

Визначаємо настил струму:

$$IN_1 = (400/K_{M.P}) \cdot \{P_{ME}/[D_0 \cdot h_0 \cdot (\rho_M f)^{0.5}]\}^{0.5}, \text{ A/м}$$

де P_{ME} – потужність, яка виділяється в металі, кВт

D_0 – діаметр метала на середині по висоті тигля, м

h_0 – висота ванни рідкого металу в тиглі, м

$$IN_1 \approx (400/0,9) \cdot \{904/[0,73 \cdot 0,85 \cdot (0,85 \cdot 10^{-6} 50)^{0.5}]\}^{0.5} = 210104 \text{ A/м}$$

Реактивна потужність, яка виділяється в металі при $f \geq f_{MIN}$, дорівнює активній потужності за модулем:

$$IQ_{MI} = IP_{MI}$$

$$IQ_{MI} = 904 \text{ квар}$$

Активна потужність, яка втрачається в індукторі

$$P_{II} = 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot (IN_1)^2 \cdot D_{II} \cdot h_{II} \cdot (f \cdot \rho_{II})^{0.5}/K_3, \text{ кВт}$$

де D_{II} – діаметр індуктора, м

h_{II} – висота індуктора, м

ρ_{II} – питомий опір матеріалу індуктора, Ом м.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 107 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Для мідного індуктора, $\rho_{II} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом м}$

K_3 – коефіцієнт заповнення індуктора, $K_3 = 0,9$

$$P_{II} = 6,2 \cdot 10^{-6} (210104)^2 0,98 \cdot 1,02 (50 \cdot 2 \cdot 10^{-8})^{0,5} / 0,9 = 304 \text{ кВт}$$

Реактивна потужність, яка витрачається в індукторі при $f \geq f_{\text{MIN}}$, дорівнює активній потужності за модулем.

$$|Q_{II}| = |P_{II}|$$

$$|Q_{II}| = 304 \text{ квар}$$

Реактивна потужність, яка виникає в зазорі між індуктором та металом в тиглі:

$$Q_3 = 6,2 \cdot 10^{-9} (IN_1)^2 f D_0^2 h_0 (k_D^2 - 1)$$

де $k_D = D_{II}/D_0$ – відношення внутрішнього діаметру індуктора до діаметру металу,

$$k_D = 0,98/0,73 = 1,34$$

$$Q_3 = 6,2 \cdot 10^{-9} (210104)^2 50 0,73^2 0,85 (1,34^2 - 1) = 4932 \text{ квар}$$

Електричний ККД системи «індуктор-метал»:

$$\eta_E = P_{ME} / (P_{ME} + P_{II})$$

$$\eta_E = 904 / (904 + 304) = 0,75$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 108 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Повна потужність системи «індуктор-метал»:

$$S = [(P_{ME} + P_{II})^2 + (P_{ME} + P_{II} + Q_3)^2]^{0,5}, \text{ кВ А}$$
$$S = [(904 + 304)^2 + (904 + 304 + 4932)^2]^{0,5} = 6258 \text{ кВ А}$$

Визначаємо силу струму в індукторі

$$I = S \cdot 10^3 / U, \text{ А}$$

де $U = 800\text{В}$ – напруга на затискачах індуктора, яка дорівнює номінальній напрузі джерела живлення:

$$I = 6258 \cdot 10^3 / 980 = 6385,7 \text{ А}$$

Кількість витків індуктора:

$$N_U = IN_1 h_{II} / I$$
$$N_U = 210104 \cdot 1,02 / 6385,7 = 34 \text{ витки}$$

Природний коефіцієнт потужності системи «індуктор-метал»

$$\cos \varphi = (P_{ME} + P_{II}) / S,$$
$$\cos \varphi = (904 + 304) / 6258 = 0,19$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 109 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

22. ВИБІР ТРАНСФОРМАТОРА

За необхідною потужністю печі вибираємо трансформатор.

Вибираємо трансформатор типу ЭОМП – 2000/10 потужністю 1000 кВа,
напругою $U_{в.н.} = 10$ кВ, напругою $U_{н.н.} = 510 - 91$ В, з числом перемикачів
11 та масляним охолодженням.

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
|-----------|------|-----------|--------|------|----------------------|-----------------------|------|--------|
| | | | | | | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Вибір трансформатора | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Перевір. | | Іванченко | | | | | 110 | 202 |
| Реценз. | | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

23. ФОРМУВАЛЬНО-СКЛАДАЛЬНО-ЗАЛИВАЛЬНО- ВИБИВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ

В цьому відділенні здійснюються операції формування, складання, заливання, охолодження і вибивання форм. Застосовуються сирі разові піщано-глинисті форми. Дільниця складу опок та модельних плит знаходиться безпосередньо біля ливарного конвеєру, з протилежного боку від місця формування та розливки. Формування виконується на механізованій лінії – В715.

Лінія забезпечує підвищення точності виливків, зменшення їх маси, підвищення продуктивності праці, скорочення обсягів очисних робіт, поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці. Лінія складається із пов'язаних між собою транспортними засобами установок та механізмів, що виконують технологічні операції з виготовлення та вибивання ливарних форм.

Склади модельної оснастки обладнують підйомними засобами, стелажми, етажерками, які дають змогу зберігати моделі, модельні плити в декілька ярусів.

Для розміщення формувальної лінії потрібен прогін довжиною 108...120 м. Рідкий метал подають на формувальну лінію рейковим візком.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Формувально-складально- заливально-вибивальне відділення | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 111 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

Транспортування виливків від вибивальної ґратки у відділення фінішних операцій поєднують з їх охолодженням на двох паралельних пластинчастих конвеєрах. Для обслуговування формувальних і стрижневих відділень необхідно передбачати дільниці підготовки виробництва і приготування формувальних фарб, а також комору для зберігання допоміжних матеріалів.

Таблиця 23.1 – визначення річної кількості форм

| Інд. позиція | Найменування виробів і виливків | Матеріал виливка | Кількість виливків за рік, шт | Маса виливків, | | робочі розмір опок (L*B*H), мм | кількість виливків у формі | маса виливків у формі | кількість форм на рік | об'єм форм, м.куб | |
|--------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------|----------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|--|-------------------|
| | | | | одного, кг | на річну програму, т | | | | | однієї | на річну програму |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | Кронштейн 1 | СЧ200 | 20800 | 2,65 | 551,2 | 600*300*200 | 2 | 5,3 | 10400 | 0,036 (нижня) + 0,036 (верхня) = 0,072 | 748,8 |
| 2 | Підкова 1 | СЧ150 | 20800 | 1,25 | 260 | | 4 | 5 | 5200 | | 374,4 |
| 3 | Шків ролика 1 | СЧ200 | 10400 | 7,4 | 769,6 | | 1 | 7,4 | 10400 | | 748,8 |
| 4 | Шків 1 | СЧ200 | 10400 | 8,3 | 863,2 | | 2 | 16,6 | 5200 | | 374,4 |
| 5 | Шків ротора 1 | СЧ200 | 10400 | 3,0 | 312 | | 2 | 6 | 5200 | | 374,4 |
| 6 | Корпус підшипника 1 | СЧ150 | 10400 | 7,9 | 821,6 | | 1 | 7,9 | 10400 | | 748,8 |
| 7 | Кришка 1 | СЧ150 | 10400 | 1,77 | 184,08 | | 4 | 7,08 | 2600 | | 187,2 |
| 8 | Корпус підшипника 2 | СЧ150 | 20800 | 5,0 | 1040 | | 2 | 10 | 10400 | | 748,8 |
| 9 | Кронштейн 2 | СЧ200 | 20800 | 3,52 | 732,16 | 2 | 7,04 | 10400 | 748,8 | | |
| 10 | Клин 1 | СЧ200 | 83200 | 0,33 | 274,56 | 4 | 1,32 | 20800 | 1497,6 | | |
| 11 | Шків 2 | СЧ200 | 5200 | 9,4 | 488,8 | 1 | 9,4 | 5200 | 374,4 | | |
| 12 | Кронштейн 3 | СЧ200 | 41600 | 3,95 | 1643,2 | 2 | 7,9 | 20800 | 1497,6 | | |
| 13 | Шків 3 | СЧ200 | 5200 | 7,2 | 374,4 | 1 | 7,2 | | 374,4 | | |
| 14 | Кришка 2 | СЧ150 | 10400 | 2,05 | 213,2 | 4 | 8,2 | 2600 | 187,2 | | |
| 15 | Шків ролика 2 | СЧ200 | 20800 | 3,4 | 707,2 | 2 | 6,8 | 10400 | 748,8 | | |
| 16 | Шків ротора 2 | СЧ200 | 10400 | 3,6 | 374,4 | 2 | 7,2 | 5200 | 374,4 | | |
| 17 | Шків 4 | СЧ200 | 5200 | 8,2 | 426,4 | 1 | 8,2 | 5200 | 374,4 | | |
| 18 | Підкова 2 | СЧ150 | 20800 | 1,5 | 312 | 2 | 3 | 10400 | 748,8 | | |
| 19 | Кришка 3 | СЧ150 | 10400 | 2,45 | 254,8 | 4 | 9,8 | 2600 | 187,2 | | |
| 20 | Корпус підшипника 3 | СЧ150 | 10400 | 4,8 | 499,2 | 2 | 9,6 | 5200 | 374,4 | | |
| 21 | Корпус підшипника 4 | СЧ150 | 20800 | 5,2 | 1081,6 | 1 | 5,2 | 20800 | 1497,6 | | |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

Арк.

112

Закінчення таблиці 23.1

| | | | | | | | | | | | |
|--------|---------------------|-------|---------------|------|-------|--|---|-----|---------------|--|----------------|
| 22 | Корпус підшипника 5 | СЧ150 | 10400 | 5,6 | 582,4 | | 1 | 5,6 | 10400 | | 748,8 |
| 23 | Кришка 4 | СЧ150 | 5200 | 2,7 | 140,4 | | 2 | 5,4 | 2600 | | 187,2 |
| 24 | Підкова 3 | СЧ150 | 10400 | 1,85 | 192,4 | | 2 | 3,7 | 5200 | | 374,4 |
| 25 | Шків 5 | СЧ200 | 5200 | 8,7 | 452,4 | | 1 | 8,7 | 5200 | | 374,4 |
| 26 | Колесо 1 | СЧ200 | 5200 | 3,4 | 176,8 | | 2 | 6,8 | 2600 | | 187,2 |
| 27 | Колесо 2 | СЧ200 | 5200 | 4,2 | 218,4 | | 2 | 8,4 | 2600 | | 187,2 |
| 28 | Кришка 5 | СЧ200 | 10400 | 3,1 | 322,4 | | 2 | 6,2 | 5200 | | 374,4 |
| 29 | Клін 2 | СЧ200 | 52000 | 0,55 | 286 | | 4 | 2,2 | 13000 | | 936 |
| 30 | Шків ротора 3 | СЧ200 | 10400 | 4,4 | 457,6 | | 2 | 8,8 | 5200 | | 374,4 |
| ВСЬОГО | | | 494000 | | | | | | 236600 | | 17035,2 |

Розраховуємо кількість автоматичних формувальних ліній за формулою:

$$N = V_p / (K \cdot \Phi_d \cdot q), \quad (23.1)$$

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

q – циклова продуктивність лінії, форм/год.;

K – коефіцієнт браку форм і виливків, $K=0,96$.

$$N_1 = 236600 / (0,96 \cdot 3600 \cdot 120) = 0,57.$$

Коефіцієнти завантаження лінії:

$$K_{з1} = 0,571 / 1 = 0,57$$

Тобто, автомат робить фактично в половину своєї потужності і тому робота його періодична, на момент накопичення форми з металом. В неробочій період автомату провадиться поточний дрібний ремонт та налагодження автомату.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | | 113 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | | | | |

Таблиця 23.2 Зведена відомість кількості форм

| Потокова лінія | Робочі розміри опоки (L×B×H), мм | Річний випуск | | Кількість форм за годину, шт. | |
|----------------|----------------------------------|---------------|--------|-------------------------------|-------------|
| | | випусків, т | форм | середньогодинна | розрахована |
| B715 | 600·300·200 | 15000 | 236600 | 120 | 65,7 |

Таблиця 23.3 – Зведена відомість кількості форм та кількість формувальних ліній

| Розмір опоки (LxBxH), мм | Річний випуск | | Модель лінії. | Розмір опоки машини, мм | Продуктивність, форм/год | Кількість ліній | | Коефіцієнт завантаження |
|--------------------------|---------------|-----------|---------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------|-------------------------|
| | випусків, т | форм, шт. | | | | розрах. | приймає | |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 500·300·200 | 494000 | 236600 | B715 | 900·600·200 | 120 | 0,57 | 1 | 0,57 |

Тип технологічного процесу – формовка в горизонтальних парних опоках. Розрахунковий інтервал температур вибивання виливків із форм для виливків з сірого чавуну масою до 10 кг при опоках розмірів 600*300*200 мм складає 650°С. Тривалість охолодження виливків у формах за товщини стінки 20...30 мм складає 0,20...0,25 год,

Розмір площі для оперативного зберігання моделей становить 5...10 % від корисної площі всього формувального відділення.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|-----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 114 |

Необхідна кількість (парк) опок, становить:

$$P_o = (1,25...1,30) N_f T \text{ шт} \quad (23.2)$$

де P_o — необхідна кількість опок на потоковій лінії, шт.;

1,25...1,30 — коефіцієнт, що враховує резерв і ремонтний запас опок (15 % — резерв і 15 % — ремонтний запас);

N_f — кількість форм, яку виготовляють на потоковій лінії протягом однієї години;

T — цикл обертання опок, год.

Для форм металомісткістю до 20 кг цикл обертання опок складає 40...90 хв

Розрахунок виконують для верхньої і нижньої опок окремо.

Для нижніх опок:

$$P_{OH} = (1,25...1,30) \cdot 120 \cdot 1 = 156 \text{ шт}$$

Аналогічно для верхніх опок:

$$P_{OV} = (1,25...1,30) \cdot 120 \cdot 1 = 156 \text{ шт.}$$

Отже, для виконання виробничої програми цкху треба порядку 150...160 опок кожного виду (нижня та верхня).

Середня стійкість опок у масовому виробництві за умови нормальної їх експлуатації досягає 20...30 тис. циклів. Опoki для конвеєрного виробництва зберігають у закритих складах, обладнаних вантажопіднімними засобами.

Для вибивання виливків з форми застосовується інерційна вибивна решітка 31211, так як виливки мають дрібні розміри та масу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 115 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 23.4 – Основні технічні характеристики решітки марки 31211

| | |
|--|------|
| Вантажопідйомність, т | 1,0 |
| Розміри полотна, мм: | |
| довжина | 1250 |
| ширина | 1000 |
| Розміри комірки решітки, мм: | |
| довжина | 140 |
| ширина | 60 |
| Кількість секцій робочих полотен | 2 |
| Розміри пружин-амортизаторів, мм | |
| зовнішній діаметр | 90 |
| висота | 196 |
| діаметр дроту | 16 |
| Кількість пружин-амортизаторів | 4 |
| Відстань між вісями інерційних валів, мм | 800 |
| Частота коливань, хв. ⁻¹ | 1420 |
| Амплітуда коливань, мм | 1,6 |
| Потужність, кВт | 3 |
| Габаритні розміри, мм: | |
| довжина | 1600 |
| ширина | 1270 |
| висота | 675 |
| Маса, кг | 1150 |

24. СТРИЖНЕВЕ ВІДДІЛЕННЯ

У виробництві виливків застосовуються оболонкові стрижні із робочого ущільненого шару із ХТС – із холодно-твердіючих сумішей. Стрижні товстостінні (товщина шару 70-100 мм).

За складністю стрижні відносяться до простих та нескладної конфігурації.

До групи стрижнів останні відносяться до стрижнів дрібних (об'ємом менше 24 дм³ та масою меншою 6 кг).

Переваги суміші на основі синтетичних смол наступні: висока питома міцність, технологічні властивості високий термін зміцнення,газопроникність та вибиваємість.

Недолік – низька живучість суміші (5-15 хв), яку компенсуємо встановленням у відділенні змішувачів. Застосовується Cold-Vox процес. Стрижні виготовляють на піскодувних машинах.

Обов'язковим є нанесення на стрижні протипригарних фарб. Для дрібних виливків застосовується водна протипригарна фарба на основі графіта №1. Стрижні фарбуються однократно нанесенням фарби пульверизатором. Після фарбування стрижні просушують при температурі 80-120°C на протязі 20 хв. Технологічна схема твердіння стрижня – ТЗ – твердіння на основі холодно-твердіючих смол в оснастці. Стрижні транспортують підвісними конвеєрами

Об'єм виробництва та орієнтовну номенклатуру стрижнів для чавунних виливків (якщо технологічна документація відсутня) визначаємо за табл. 24.1 та 24.2.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Стрижневе відділення | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 117 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

Таблиця 24.1 – Орієнтовна номенклатура стрижнів для чавунних виливків

| Інд.поз | Найменування деталі | Річна кількість виливків, шт | Номер стрижнів | Стрижні | | | Потреба у стрижнях, шт | | | Всього, шт |
|---------|------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------|---------|--------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------|
| | | | | габаритні розміри, мм | | маса , кг | | | | |
| | | | | висота | діаметр | | на вилвок | на річний випуск виливків | брак виливків і стрижнів (10;) | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Кронштейн 1 | 20800 | 1 | 70 | 55 | 0,55 | 2 | 41600 | 4160 | 45760 |
| 2 | Підкова 1 | 20800 | 2 | 120 | 35 | 0,82 | 1 | 20800 | 2080 | 22880 |
| 3 | Шків ролика 1 | 10400 | 3 | 60 | 70 | 0,64 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 4 | Шків 1 | 10400 | 4 | 60 | 85 | 0,75 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 5 | Шків ротора 1 | 10400 | 5 | 50 | 95 | 0,95 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 6 | Корпус підшипника 1 | 10400 | 6 | 70 | 115 | 1,47 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 7 | Кришка 1 | 10400 | 7 | 20 | 125 | 1,14 | 2 | 20800 | 2080 | 22880 |
| 8 | Корпус підшипника 2 | 20800 | 8 | 60 | 110 | 0,71 | 1 | 20800 | 2080 | 22880 |
| 9 | Кронштейн 2 | 20800 | 9 | 40 | 75 | 0,53 | 2 | 41600 | 4160 | 45760 |
| 10 | Клин 1 | 83200 | 10 | 20 | 15 | 0,15 | 1 | 83200 | 8320 | 91520 |
| 11 | Шків 2 | 5200 | 11 | 80 | 90 | 1,04 | 1 | 5200 | 520 | 5720 |
| 12 | Крогштейн 3 | 41600 | 12 | 30 | 55 | 0,36 | 2 | 83200 | 8320 | 91520 |
| 13 | Шків 3 | 5200 | 13 | 70 | 90 | 0,86 | 1 | 5200 | 520 | 5720 |
| 14 | Кришка 2 | 10400 | 14 | 50 | 35 | 0,44 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 15 | Шків ролика 2 | 20800 | 15 | 60 | 110 | 1,96 | 1 | 20800 | 2080 | 22880 |
| 16 | Шків ротора 2 | 10400 | 16 | 80 | 155 | 2,40 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 17 | Шків 4 | 5200 | 17 | 140 | 110 | 2,15 | 1 | 5200 | 520 | 5720 |
| 18 | Підкова 2 | 20800 | 18 | 50 | 45 | 0,40 | 1 | 20800 | 2080 | 22880 |
| 19 | Кришка 3 | 10400 | 19 | 60 | 40 | 0,45 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 20 | Корпус підшипника 3 | 10400 | 20 | 127 | 115 | 1,94 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 21 | Корпус підшипника 4 | 20800 | 21 | 130 | 125 | 2,10 | 3 | 62400 | 6240 | 68640 |
| 22 | Корпус підшипника 5 | 10400 | 22 | 145 | 135 | 2,25 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 23 | Кришка 4 | 5200 | 23 | 60 | 40 | 0,45 | 1 | 5200 | 520 | 5720 |
| 24 | Підкова 3 | 10400 | 24 | 75 | 80 | 0,60 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| 25 | Шків 5 | 5200 | 25 | 80 | 215 | 2,13 | 1 | 5200 | 520 | 5720 |
| 26 | Колесо 1 | 5200 | 26 | 60 | 85 | 0,64 | 1 | 5200 | 520 | 5720 |
| 27 | Колесо 2 | 5200 | 27 | 70 | 110 | 1,05 | 1 | 5200 | 520 | 5720 |
| 28 | Кришка 5 | 10400 | 28 | 75 | 155 | 0,87 | 2 | 20800 | 2080 | 22880 |
| 29 | Клін 2 | 52000 | 29 | 40 | 40 | 0,27 | 1 | 52000 | 5200 | 57200 |
| 30 | Шків ротора 3 | 10400 | 30 | 95 | 125 | 1,84 | 1 | 10400 | 1040 | 11440 |
| ВСЬОГО | | | | | | | | | | 703560 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

Арк.

118

Таблиця 24.2 – Орієнтовна номенклатура стрижнів для чавунних виливків

| Інд. поз | Найменування деталі | Річна кількість виливків, шт | Номер стрижнів | Стрижні | | | Потреба у стрижнях, шт | | | Маса стрижню, кг |
|----------|------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------|---------|--------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| | | | | габаритні розміри, мм | | маса , кг | на вилвок | на річний випуск виплвків | брак виливків і стрижнів (10;) | |
| | | | | висота | діаметр | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Кронштейн 1 | 20800 | 1 | 70 | 55 | 0,55 | 2 | 41600 | 4160 | 22880 |
| 2 | Підкова 1 | 20800 | 2 | 120 | 35 | 0,82 | 1 | 20800 | 2080 | 17056 |
| 3 | Шків ролика 1 | 10400 | 3 | 60 | 70 | 0,64 | 1 | 10400 | 1040 | 6566 |
| 4 | Шків 1 | 10400 | 4 | 60 | 85 | 0,75 | 1 | 10400 | 1040 | 7800 |
| 5 | Шків ротора 1 | 10400 | 5 | 50 | 95 | 0,95 | 1 | 10400 | 1040 | 9880 |
| 6 | Корпус підшипника 1 | 10400 | 6 | 70 | 115 | 1,47 | 1 | 10400 | 1040 | 15288 |
| 7 | Кришка 1 | 10400 | 7 | 20 | 125 | 1,14 | 2 | 20800 | 2080 | 23712 |
| 8 | Корпус підшипника 2 | 20800 | 8 | 60 | 110 | 0,71 | 1 | 20800 | 2080 | 14768 |
| 9 | Кронштейн 2 | 20800 | 9 | 40 | 75 | 0,53 | 2 | 41600 | 4160 | 22048 |
| 10 | Клин 1 | 83200 | 10 | 20 | 15 | 0,15 | 1 | 83200 | 8320 | 12480 |
| 11 | Шків 2 | 5200 | 11 | 80 | 90 | 1,04 | 1 | 5200 | 520 | 3408 |
| 12 | Кронштейн 3 | 41600 | 12 | 30 | 55 | 0,36 | 2 | 83200 | 8320 | 29952 |
| 13 | Шків 3 | 5200 | 13 | 70 | 90 | 0,86 | 1 | 5200 | 520 | 4472 |
| 14 | Кришка 2 | 10400 | 14 | 50 | 35 | 0,44 | 1 | 10400 | 1040 | 4576 |
| 15 | Шків ролика 2 | 20800 | 15 | 60 | 110 | 1,96 | 1 | 20800 | 2080 | 40768 |
| 16 | Шків ротора 2 | 10400 | 16 | 80 | 155 | 2,40 | 1 | 10400 | 1040 | 24960 |
| 17 | Шків 4 | 5200 | 17 | 140 | 110 | 2,15 | 1 | 5200 | 520 | 11180 |
| 18 | Підкова 2 | 20800 | 18 | 50 | 45 | 0,40 | 1 | 20800 | 2080 | 8320 |
| 19 | Кришка 3 | 10400 | 19 | 60 | 40 | 0,45 | 1 | 10400 | 1040 | 4680 |
| 20 | Корпус підшипника 3 | 10400 | 20 | 127 | 115 | 1,94 | 1 | 10400 | 1040 | 20176 |
| 21 | Корпус підшипника 4 | 20800 | 21 | 130 | 125 | 2,10 | 3 | 62400 | 6240 | 131040 |
| 22 | Корпус підшипника 5 | 10400 | 22 | 145 | 135 | 2,25 | 1 | 10400 | 1040 | 23400 |
| 23 | Кришка 4 | 5200 | 23 | 60 | 40 | 0,45 | 1 | 5200 | 520 | 2340 |
| 24 | Підкова 3 | 10400 | 24 | 75 | 80 | 0,60 | 1 | 10400 | 1040 | 6240 |
| 25 | Шків 5 | 5200 | 25 | 80 | 215 | 2,13 | 1 | 5200 | 520 | 11076 |
| 26 | Колесо 1 | 5200 | 26 | 60 | 85 | 0,64 | 1 | 5200 | 520 | 3328 |
| 27 | Колесо 2 | 5200 | 27 | 70 | 110 | 1,05 | 1 | 5200 | 520 | 3460 |
| 28 | Кришка 5 | 10400 | 28 | 75 | 155 | 0,87 | 2 | 20800 | 2080 | 18096 |
| 29 | Клін 2 | 52000 | 29 | 40 | 40 | 0,27 | 1 | 52000 | 5200 | 14040 |
| 30 | Шків ротора 3 | 10400 | 30 | 95 | 125 | 1,84 | 1 | 10400 | 1040 | 19136 |
| | ВСЬОГО | | | | | | | | | 541216 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

Арк.

119

Таблиця 24.3 – Обсяг виробництва стрижневого відділення

| Група стрижнів за масою, кг | | | Всього, шт | |
|-----------------------------|--------|--------|------------|------------|
| | на 1 т | на рік | на рік | Брак (10%) |
| 1-2 | 3,67 | 55084 | 612040 | 61204 |
| 2 і більше | 6,16 | 92368 | 91520 | 9152 |
| ВСЬОГО | | 639600 | 703560 | 70356 |

Вибираємо стрижневу лінію Л16Х, яка призначена для виготовлення стрижнів із застосуванням змішувачів ХТС в умовах різнострійного виробництва.

З метою зручності управління та обслуговування лінія розділена на технологічні ділянки (залежно від числа основних операцій приготування стрижнів). Призначення цих ділянок:

- підготовка стрижневих ящиків: їх огляд, очищення, продування, установка закладних частин, заповнення ящиків сумішшю
- заповнення із змішувача ХТС; його встановлюють на вібростіл;
- кантовка та витяжка стрижнів; ділянка оснащується уніфікованими поворотно-витяжними машинами; на цій же ділянці на стрижневий ящик встановлюють транспортну плиту, перевертають ящик з плитою, протягують затверділий стрижень, і стрижневий ящик повертається у вихідне положення і на першу ділянку;
- оздоблення та фарбування стрижнів – фінішна ділянку.

В якості між операційного транспорту на ділянках використовують роликові конвеєри. Уніфікований приводний роликовий конвеєр складається з двох картерів та двох стійок, пов'язаних у жорстку раму. До одного із картерів кріплять мотор-редуктор приводу. На кожному картері встановлюють ряд приводних роликів, вали яких попарно пов'язані приводним ланцюгом, що охоплює зірочки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 120 |

Один з валів ланцюгом з'єднаний зі зірочкою приводу. Через проміжний вал і дві муфти з гумовими пальцями обертання передається на ролики другого картера. Опори валів роликів виконані із підшипниками кочення. Нижня гілка кожного ланцюга, зірочки і підшипники змащуються мастилом, залитим у картери. Схема приводу з короткими ланцюгами, охоплює тільки дві сусідні зірочки, забезпечує високу надійність приводу.

Суміші готують за допомогою шнекових змішувачів безпосередньо на робочих місцях виготовлення стрижнів. Під час виготовлення стрижнів суміш ущільнюють за допомогою вібраційних столів. Час витримання дрібних стрижнів в ящиках — 20...40 с (за наявності каталізатора). Стрижні фарбують водними графітовими фарбами.

Таблиця 24.4 - Технічні характеристики стрижневої лінії Л16Х

| | |
|---|----------------|
| Максимальна маса стрижня (при суміші 1,5 кг/м ³), не більше, кг | 16 |
| Розміри стрижневого ящика, мм | 630*500 |
| Висота стрижневого ящика, мм | 445 |
| Кількість стрижневих ящиків, шт | 48 |
| Кількість транспортних плит | 16 |
| Тривалість твердіння стрижня, хв | 15 |
| Вантажопідйомність вібраційного стола, кг | 400 |
| Продуктивність зйомів | 90 |
| Встановлена потужність, кВт | 43 |
| Максимальний об'єм стрижня, дм ³ | 10 |
| Габаритні розміри, м | 20,8*4,22*3,64 |
| Маса, кг | 39300 |
| Робочий тиск в гідросистемі, мПа | 4 |
| Витрата стисненого повітря, м ³ /год | 66,5 |
| Витрата стрижневої суміші, м ³ /год | 1,3 |

Визначаємо кількість стрижневих ліній для виготовлення стрижнів (за кількістю зйомів за рік за формулою:

$$L_c = V_p K_n / (\Phi_d q), \quad (24.1)$$

де: V_p – річна кількість зйомів, шт.;

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

q – продуктивність лінії, зйомів/год.;

Φ_d – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.

2 – коефіцієнт, який показує, що в стрижневому ящику знаходиться одночасно 2 стрижня (багато гніздовий стрижень).

$$L_{c1} = 703560 \cdot 1,1 / (2 \cdot 3680 \cdot 90) = 1,16;$$

Застосовуємо для виготовлення стрижнів 2 лінії Л16Х.

Коефіцієнт завантаження машини:

$$K_{z1} = 1,16 / 2 = 0,58$$

Таблиця 21.5 – Обсяг кількості стрижневого обладнання

| Група стрижнів, кг | Кількість стрижнів на рік, шт./рік | Тип лінії | Кількість стрижнів у ящику, шт | Кількість зйомів, шт | | Продуктивність обладнання, зйомів/год | Кількість штук | | Кз |
|--------------------|------------------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|--------|---------------------------------------|----------------|----------|------|
| | | | | За рік | За год | | Розрахункова | Прийнята | |
| 1-2 | 612040 | Л16Х | 2 | 306030 | 83,2 | 90 | 0,92 | 2 | 0,92 |
| 2 і більше | 91520 | | 2 | 45769 | 12,43 | | 0,14 | | 0,14 |
| ВСЬОГО | 703560 | | | | | | | | |

Підбираємо змішувачі для ХТС .

Визначаємо масу ущільненої суміші

$$M_V = k M_{HY} , \text{кг} \quad (24.2)$$

де M_{HY} – річна кількість суміші в неущільненому стані, кг

Беремо з таблиці

$k = 1,55$ – коефіцієнт який враховує ступінь ущільнення ХТС.

$$M_V = 1,55 \cdot 541216 = 838885 \text{ кг},$$

Далі визначаємо необхідну продуктивність змішувача

$$M_1 = M/\Phi, \text{ м}^3/\text{год} \quad (24.3)$$

де Φ – фонд часу роботи змішувача, год

$$M_1 = 838885/3600 = 233,02 \text{ кг/год} .$$

Вибираємо змішувач марки С2Ш1 продуктивністю 2,0 тонни/год.
Змішувач призначений для приготування сумішей ХТС на органічних смолах.
Потрібна кількість змішувачів:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 123 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$n = (M_{\text{нв}} k) / (\Phi_{\text{д}} q) \quad (24.4)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k = 2$,

q – продуктивність змішувача, т/год

$$n = (233,02 \cdot 2) / (3600 \cdot 1) = 0,13$$

Встановлюємо один змішувачі марки С2Ш1 у стрижневому відділенні.
Коефіцієнт використання змішувача становить

$$K_{\text{зм}} = 0,13 / 1 = 0,13$$

Так як коефіцієнт $K_{\text{зм}}$ досить малий, то змішувач працює періодично, в разі накопичення необхідної партії суміші.

Так як коефіцієнт $K_{\text{зм}}$ досить малий, то змішувач працює періодично, в разі накопичення необхідної партії суміші.

Таблиця 24.6 – Технічні характеристики шнекового змішувача С2Ш1

| | |
|--|---------------|
| Кількість шнеків | 1 |
| Продуктивність, т/год | 1,0-2,5 |
| Радіус дії, мм | 1200 |
| Кількість насосів-дозаторів, шт | 3 |
| Потужність, кВт | 5 |
| Кут повороту рукави, град | 180 |
| Габаритні розміри (без шафи керування і насосів), мм | 2295·510·2530 |
| Маса, кг | 1100 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 124 |

Для віброуцільнення застосовується стіл моделі 21422

Таблиця 24.7 – Технічні характеристики столу для віброуцільнення

| | |
|---|--------------|
| Вантажопіднімність, кг | 600 |
| Габаритні розміри стрижневого ящика, мм: | 800 |
| Довжина | 630 |
| Ширина | |
| Амплітуда коливань, мм | 0.1...1,0 |
| Частота коливань, Гц | 45...50 |
| Робочий тиск повітря, МПа | 0.30... 0,35 |
| Маса коливних частин, кг | 194 |
| Установлена потужність, кВт | 0,7 |
| Габаритні розміри стола без пульта керування, мм: | 1000 |
| довжина | 800 |
| ширина | 650 |
| висота | |
| Маса кг | 650 |

Основні складові столів: основа, стіл, вібратор, механізм піднімання. Основа і стіл являють собою зварені рамні несучі конструкції. Для підвищення техніки безпеки отвори в основі закривають дверцятами. Стіл має два вібратори.

У стрижневому відділенні також передбачено допоміжну ділянку — комплектування стрижнів, та склади зберігання добового запасу готових до використання стрижнів, стрижневих ящиків, а також допоміжних матеріалів.

На складі зберігання стрижнів, останні (в силу своєї дрібності) зберігаються на підвісних етажерках. Запас зберігання – 1 день. Площа приміщення для зберігання стрижневої оснастки складає 10% від стрижневого відділення, Площа для зберігання стрижневих ящиків дорівнює площі для зберігання стрижневої оснастки складає помноженої на коефіцієнт, яким враховують проїзди та проходи, (2 – для невеликих ящиків) тобто дорівнює приблизно 20% від стрижневого відділення.

Площа комори становить (в залежності від річного випуску виливків цехом): 30...40 м² — якщо річний випуск становить 10 000...20 000 т додатних виливків.

Площа службового приміщення (кімнати майстрів) дорівнює 15...20 м².

Площа для зберігання стрижнів складає:

$$S_C = (T_{16} \cdot F_T \cdot K_1) / \Pi, \text{ м}^2$$

де T_{16} — добова кількість стрижнів (16 — час роботи дільниці протягом доби, тобто двозмінний режим, год), шт.;

$$T_{16} = 703560 / 260 = 2706$$

F_1 — площа, яку займає найбільший стрижень, м²;

K_1 — коефіцієнт усереднення розмірів стрижня;

Π — поверховість зберігання стрижнів. Так як стрижні дуже дрібні, то можна їх розмістити на полках етажерок в 10 ярусів

$$S_C = (2706 \cdot 0,2 \cdot 0,6) / 10 = 32,5 \text{ м}^2$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 126 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

25. СУМІШЕПРИГОТУВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ

В якості формувальних сумішей застосовуємо єдину формувальну суміш – 95% звороту та 5% - нову.

При проектуванні відділення важливим є не допущення змішування оборотних сумішей з різних формувальних ділянок і треба передбачати для них окремі потоки та бункери. Тому, оборотну суміш регенерують в одній частині відділення (в одному кінці), куди і потрапляє суміш з вибитих опок. В протилежному кінці відділення знаходиться обладнання для підготовки свіжої суміші. Крім того, над змішувачами необхідно передбачати бункери для зберігання кожного типу оборотної суміші.

Таблиця 25.2 – Склад єдиної суміші для автоматичної формовки, %

| Пісок, 1K ₂ O ₂ 016 | Оборотня суміш | Бентонит P ₂ T ₂ A, | Крозмаліт (зверху 100%) | ПАВ (зверху 100%) |
|--|-------------------|--|-------------------------------|----------------------|
| 4,5 | 95 | 0,5 | 0,05-0,1 | 0,003 |

ПАР (поверхнево-активна речовина) підвищує текучість форми.

Загальні витрати формувальної та стрижневої суміші розраховуємо з врахуванням 10-15% витрат суміші при транспортуванні, підготовці. Перераховуємо витрати суміші з масових ущільнених Р_{уц} в об'ємні не ущільненні за співвідношенням (так як продуктивність сумішеприготувальних машин вказують у м³/год) :

| | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | 127 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | КП ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |
| Сумішеприготувальне відділення | | | | | | | |

$$P_{уц} = 0,757 P_{нц}, \text{ м}^3$$

(25.1)

де 0,757 – коефіцієнт переходу від масових до об'ємних величин з урахуванням ущільнення суміші ($V = m/\rho$);

$P_{уц}$ – кількість ущільненої суміші на річну програму, т;

Результати розрахунку заносимо в табл..

Щільність ущільненої суміші на машині 1,8 г/дм³.

Таблиця 25.2 – Розрахунок витрати формувальної суміші

| Розмір опоки, L*В*Н, мм | Випуск вливків, т/рік | Кількість форм на рік | Об'єм однієї форми, м.куб | Об'єм на рік ущільненої суміші, м.куб | Об'єм на рік неущільненої суміші, м..куб | Маса суміші на рік, т |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---|---|-----------------------------|
| 600x300x200 | 15012,4 | 236600 | 0,036*2 = 0,072 | 17035,2 | 22406,5 | 40476 |

Витрати стрижневих сумішей визначають за нормою витрати на 1 т
придатних вливків та заносимо у таблицю

Таблиця 25.3 – Розрахунок кількості стрижневої суміші ХТС

| Випуск вливків в рік, т/рік | Розрахункові витрати стрижневої суміші, | |
|--------------------------------|---|---------|
| | Норма, на 1 т | На рік |
| | т | т/рік |
| 15012,4 | 0,128 | 838,885 |

формувальної суміші, значення якого для розрахунку змішувачів має становити 2 у разі, коли потрібну кількість суміші визначають за повним об'ємом ливарних форм;

q — продуктивність змішувача, м³/год

Вибираємо змішувач періодичної дії з вертикально обертаючими ся металевими катками марки 15101 продуктивністю 7,5-12 м³/год

$$z = (22406,5 \cdot 2) / (3600 \cdot 10) = 1,24$$

Вибираємо 2 змішувачі марки 15101.

Коефіцієнт завантаження установки:

$$K_z = 1,24 / 2 = 0,62$$

Таблиця 25.6 – Технічна характеристика змішувача 15101

| | |
|--|-------------|
| Вантажопіднімність, кг | 600 |
| Розміри котка, мм: | 510 |
| довжина | 190 |
| ширина | |
| Об'єм замісу, м ³ | 0.25...0,30 |
| Внутрішній діаметр чаші, мм | 1400 |
| Маса замісу, кг | 300 |
| Об'єм відсмоктуваного повітря, м ³ /год | 200 |
| Тривалість циклу, хв | 2-10 |
| Установлена потужність, кВт | 15 |
| Габаритні розміри без дозаторів, мм: | |
| довжина | 1600 |
| ширина | 1500 |
| висота | 2450 |
| Маса (без дозаторів) кг | 2500 |

Стрижнева суміш ХТС готується у шнекових змішувачах серії С2Ш1.

26. ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ

Розподіляємо річну кількість виливків по фінішним операціям в залежності від вагової групи литва з урахуванням браку. У відділення передбачено лабораторії контролю виливків., а також дільниці проміжного складання та комплектування виливків. Допоміжні дільниці – ґрунтування та виправлення лефектів. Дільницю ґрунтування розташовують поблизу місць кінцевого контролю виливків та складу готової продукції.

Для зберігання фарби-ґрунту передбачають спеціальну комору, розміри якої становлять з розрахунку на 1000 т придатних виливків; - 0,7...0,9 м² — у серійному виробництвах. Тобто, в даному проекті приблизно 12 м².

Проміжний склад використовується для зберігання виливків а уніфікованій тарі, запасом зберігання на 1,0...1,5 діб висотою укладання 4,5 м. Дільниця комплектування використовується для сортування та комплектування виливків а уніфікованій тарі, запасом зберігання на 1,0...1,5 діб висотою укладання 4,5 м.

Загальна площа складів для відділення фінішних операцій складає 30м² до термічної обробки, та 20м² – після.

Щоб не загороджувати і не перегороджувати прогін, усе устаткування необхідно розташовувати біля стін або між колонами.

Для запобігання прониканню шуму в інші відділення цеху з більш сприятливими умовами праці відділення фінішних операцій необхідно обладнати звукопоглинаючими матеріалами - спеціальними панелями на стінках.

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | 131 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |

Відділення розділяється на однотипні протокові дільниці – попередньо очисне, очисне, фінішне очисне, термообробне, ґрунтовальне таким чином, що виливки під час кожної операції прямують однонапрямлено поступово з кожною операцією переміщуючись до складу готової продукції, без зворотного ходу.

Таблиця 26.1 - Розподілення річного випуску по операціях

| Масова група виливків, кг | Річний випуск | | Розподілення річного випуску по операціям | | | | |
|---------------------------|---------------|----------------------------------|---|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | т/рік | з урахуванням браку (10%), т/рік | Відокремлен | Вилучення стрижнів | | Очищення | Зачищення |
| | | | ня ливникової системи | Барaban моделі Об-800 (100%) | Барaban моделі Об-800 (70%) | Вибивна гратка 31211 (30%) | Барaban моделі Об-800 |
| До 10 | 494000 | 543400 | 543400 | 380380 | 163020 | 543400 | 543400 |

Так, виливки вибиваються на інерційній решітці марки 31211.

Визначаємо кількість обладнання, яке необхідне для виконання фінішних операцій за формулою:

$$M_{\Phi O} = P_{ну} K_n / (\Phi_d q), \quad (26.1)$$

де $P_{ну}$ – річна кількість литва в рік, т/рік.;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання $K_n = 1,1 \dots 1,3$;

q – продуктивність обладнання, м³/год.;

Φ_d – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.

Розрахунок зводимо в таблицю

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | 132 |

Таблиця 26.2 - Розрахунок кількості обладнання для фінішної обробки виливків

| Середньогодинний випуск литва | | Устаткування | Годинна продуктивність устаткування | | Кількість одиниць устаткування | | К _з |
|-------------------------------|---------|-----------------------------------|-------------------------------------|------|--------------------------------|----------|----------------|
| шт | тонн | | шт | тонн | Розр | Прийнята | |
| 464000 | 15012,4 | Вибивна решітка 31211 | | 3 | 1,63 | 2 | 0,82 |
| | | Барабан моделі ОБ-800 | | 3 | 1,63 | 2 | 0,82 |
| | | Машина абразивна зачисна ВМПВ-400 | | 2 | 2,35 | 3 | 0,78 |
| | | Верстат для зачистки 82Л60 | | 1,5 | 3,26 | 4 | 0,82 |

Барабан моделі ОБ-800 призначений для вибивання стрижнів, очищення нескладних формою дрібних і середніх виливків. Завантаження здійснюється скіповим підйомником. Вибивання та очищення проводиться при обертанні барабана в результаті тертя та зіткнення виливків.

Таблиця 26.3 – Технічна характеристика барабану галтувального очисного ОБ-800

| | |
|------------------------------------|----------------|
| Габаритні розміри мм | 2100·3300·3920 |
| Діаметр барабану, мм | 800 |
| Довжина робочої частини, мм | 1250 |
| Маска, кг | 5200 |
| Потужність двигуну, кВт | 7,0 |
| Об'єм завантаження, м ³ | 0,5 |
| Продуктивність, т/год | 3 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 133 |

Машина моделі ВМПВ-200 призначена для об'ємної вібраційної обробки деталей на операціях очищення поверхонь, зняття заусінців, закруглення кромки, шліфування та ін. Віброобробка полягає в інтенсивному перемішуванні за допомогою оброблюваних деталей та абразиву-наповнювача. Спрямованість коливань, частота та амплітуда підібрані таким чином, що переміщення деталей та частинок абразиву щодо друг друга відбувається у вертикальній площині (процес, що нагадує процес галтування в барабанах, але інтенсивніший). Продукти обробки видаляються промиванням деталей спеціальною робочою рідиною, активно спливаючої на процес обробки. Для запобігання зношування робочі камери машин облицьовуються гумою або поліуретаном.

Таблиця 26.4 – Технічна характеристика очисної вібраційної машини з тороїдно-гвинтовою робочою камерою

| | |
|--|------------------------------------|
| Об'єм робочої камери, м ³ | 200 |
| Максимальна маса завантаження, кг | 300 |
| Найбільша амплітуда коливань | 3 |
| Кількість коливань (змінюється ступінчасто), хв. ⁻¹ | 630, 8000, 1000, 1250, 1600, 20000 |
| Установочна потужність, кВт | 5,5 |
| Габаритні розміри мм | 3000·2800·2250 |
| Діаметр барабану, мм | 800 |
| Довжина робочої частини, мм | 1250 |
| Маса, кг | 3000 |
| Потужність двигуну, кВт | 7,0 |
| Тиск стисненого повітря, МПа | 0,4=0,6 |
| Витрата робочої рідини, л/хв | 4 |
| Витрата стисненого повітря, м ³ /хв | 0,2 |
| Ємність баку, л | 250 |

Для відрізування випорів, ливників, надливів та зачистки виливків застосовують верстат моделі 82Л60

Таблиця 26.5 – Технічна характеристика зачисної машини 82Л60

| | |
|-----------------------------|---------|
| Діаметр круга, мм | 600 |
| Робоча швидкість кругу, м/с | 80, 100 |
| Потужність, кВт | 55 |
| Маска, кг | 5500 |

Для сірого чавуну передбачено низькотемпературний відпал. Температурний інтервал нагрівання -520-620°C. Тривалість циклу термічного оброблення – 17-20 год.

Так як виливки дрібні за розмірами, то застосовується нагрів виливків в корзинах насипним шаром в електричній елеваторній камерній печі.

Вибираємо печі марки СЭОА – 14.14.33/6 И2 з вентилятором

Таблиця 26.6 – Технічна характеристика печі СЭОА – 14.14.33/6 И2

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Максимальна температура, °С | 800 |
| Робоча швидкість кругу, м/с | 80, 100 |
| Розміри робочої камери, мм | 1200·4200 |
| Потужність, кВт | 155 |

Визначаємо кількість печей, яке необхідне для виконання фінішних операцій за формулою:

$$M_{\text{ФО}} = (P_{\text{ну}} \cdot K_{\text{н}}) / (\text{Фд} \cdot q \cdot K_{\text{з}}), \quad (26.2)$$

де $P_{\text{ну}}$ – річна кількість литва в рік, т/рік;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи обладнання $K_{\text{н}} = 1,1 \dots 1,3$;

q – продуктивність обладнання, м³/год.;

$\Phi\delta$ – дійсний фонд часу роботи устаткування, год.

K_3 - коефіцієнт завантаження печі, $K_3 = 0,7--0,85$

Продуктивність печі:

$$q = S_n \alpha_n / T_n, \text{ т/год.};$$

де S_n - площа поду печі, м²;

α_n - питоме навантаження на площу поду печі, т/м² (до 5 т/м²);

T_n — тривалість циклу термічного оброблення виливків,

$$q = (1,2 \cdot 4,2 \cdot 4) / 18 = 1,1 \text{ т/год}$$

$$M_{\Phi\delta} = (15012,4 \cdot 1,2) / (7700 \cdot 1,1 \cdot 0,8) = 2,67$$

Приймаємо 3 електричні елеваторні печі.

Таблиця 26.7 - Розрахунок кількості термічного обладнання

| Середньогодинний випуск литва | | Устаткування | Годинна продуктивність устаткування | | Кількість одиниць устаткування | | K_3 |
|-------------------------------|---------|---|-------------------------------------|------|--------------------------------|----------|-------|
| шт | тонн | | шт | тонн | Розр | Прийнята | |
| 464000 | 15012,4 | Піч елеваторна СЭОА – 14.14.33/6 И2 | | 1,4 | 2,67 | 3 | 0,89 |

Грунтування виливків здійснюють методом грунтування у прохідних фарбувальних камерах на підвісних конвеєрах зануренням у бак з фарбою. При масі виливків до 20 кг застосовують дільницю продуктивністю близько 1 тонни/год. Транспортний засіб – підвісний конвеєр. Миють виливки на машинах для миття. Після грунтування дрібні й середні виливки сушать у спеціальних камерах.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 136 |

27. СХЕМА ВАНТАЖОПОТОКІВ ЦЕХУ І ВНУТРІШНЬО ЦЕХОВИЙ ТРАНСПОРТ

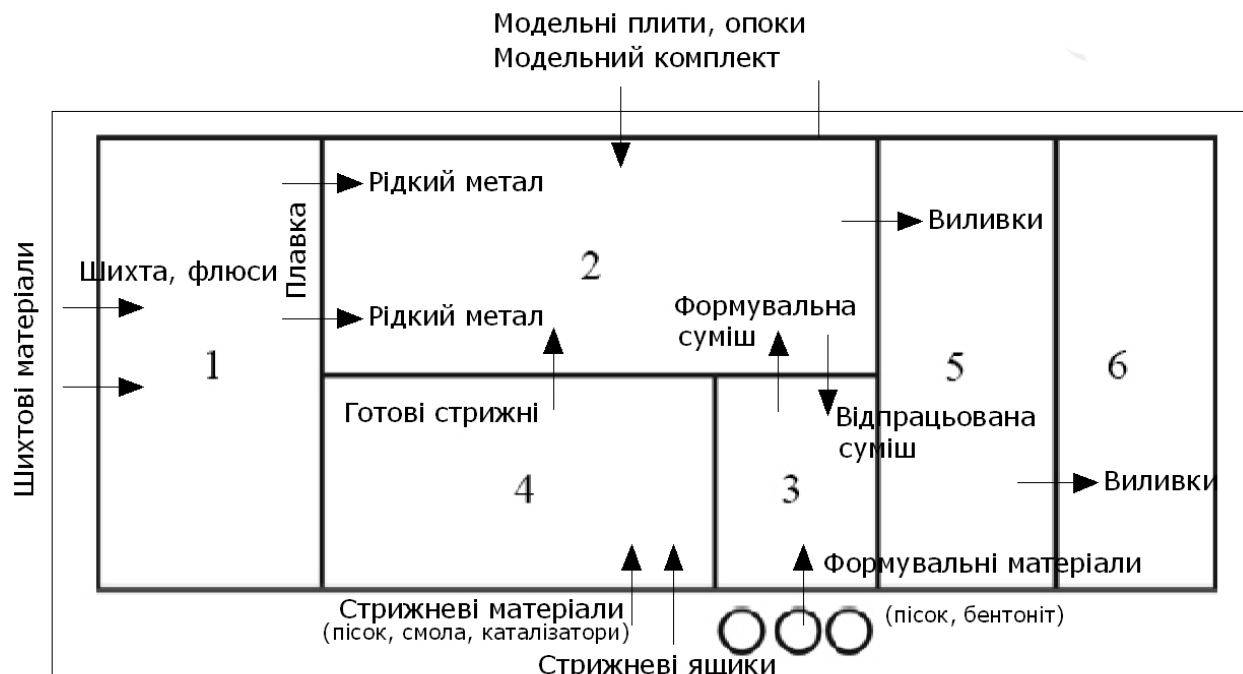


Рисунок 27.1 - Схема вантажопотоків цеху

1 - плавильне відділення, 2 – формувально-заливальне-вибивальне відділення, 3 – формувальне відділення, 4 – стрижневе відділення, 5 – відділення фінішних операцій, 6 – склад готових виливків

Основне транспортне обладнання для виробничих приміщень – крани. Вантажопідйомність піднімально-транспортних засобів має бути на 20...25 % більшою від максимальної маси вантажу, який транспортують під час завантажування шихти, розливання металу у форми або переливання його в міксери, обслуговування і ремонту печей.

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Іванченко | | | | 137 | 209 |
| Реценз. | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | |

Схема вантажопотоків цеху
і внутрішньо-цеховий
транспорт

Таблиця 27.2 – Вантажнопідйомність піднімально-транспортних засобів

| Відділення | Тип транспортного обладнання | Вантажопідйомність, тонн | Кількість |
|---------------------|---|--------------------------|-----------|
| Плавильне | Мостовий кран (один з магнітною шайбою) | 10 | 3 |
| | Монорейковий візок | 1 | 6 |
| | Електрокар | 1 | 2 |
| Формувальне | Монорейковий візок | 2 | 2 |
| | Кран-балка | 5 | 1 |
| | Консольний кран | 1 | 1 |
| Стрижневе | Підвісний конвеєр | 0,2 | 2 |
| | Консольний кран | 1 | 2 |
| Суміщоприготувальне | Кран-балка | 5 | 1 |
| | Стрічковий конвеєр | 0,5 | 2 |
| Фінішних операцій | Електрокар | 0,5 | 2 |
| | Електронвантажувач | 0,25 | 2 |

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Будівельна частина | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 138 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КП | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

28. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

Ливарний цех розташовують в будівлі з прямокутною конфігурацією в плані і відношенням сторін у межах 1:1 – 1:3.

Виробнича будівля цеху повинна розташовуватись по відношенню до житлової забудови з підвітряного боку для вітрів переважного напрямку з урахуванням розмірів санітарно-захисних зон.

Для стін, стель і поверхонь конструкцій приміщень цеху слід передбачати обробку, що запобігає сорбції шкідливих речовин і допускає легке вологе прибирання та миття.

Крок колон цеху при залізобетонному каркасі складає 6 м.

Так як в плавильному відділенні виділяється половина тепла, яке утворюється під час виробництва виливків, газу, пил тощо то плавильні прогони обов'язково оснащують аераційними ліхтарями.

Підлогу в плавильному відділенні виготовлена з чавунних плит, які укладають на бетонну основу завтовшки 200 мм.

Товщина зовнішньої несучої стіни для виробничих приміщень складає 540 мм, для адміністративно – побутових – 400 мм. Товщина стіни між дільницями одного відділення (тобто внутрішня стіна) складає 450 мм. Товщина перегородки в одній дільниці (між приміщеннями) – 120 мм.

Стіни покриваються панелями довжиною 6 та 12м. марки панелей ПСЛ20 та ПСП24. Виготовляються з легких пористих бетонів марки М100

Для колон зовнішніх рядів з кроком 6 м використовують нульову прив'язку,

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Будівельна частина | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 139 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

Примикання багатоповерхової прибудови адміністративно-побутових приміщень до виробничого корпусу завжди здійснюють на двох рядах колон із прив'язкою 250 мм. Застосовується колонна КП1-10 висотою 10800 мм з перерізом 400·400 мм.

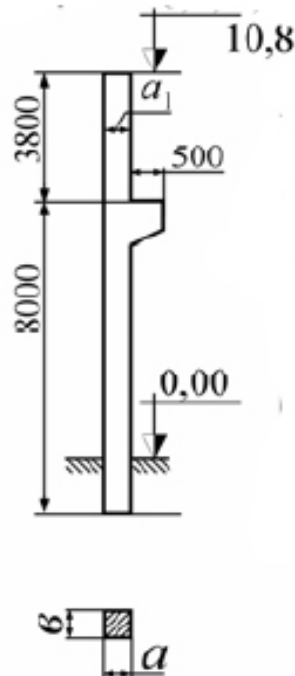


Рисунок 28.1 – Схема кранових колон у відділеннях

Маркування колони (для мостових кранів) – КП1-10. Висота колони – 10800 мм (відстань від підлоги цеху до низу конструкції покриття), висота до головки підкранового рельсу – 8,15 м

Таблиця 28.1 – Розміри колони

| Марка колони | Позначка верху колон, м | Розміри, мм | | |
|--------------|-------------------------|-------------|-----|-------|
| | | H_K | b | a_1 |
| КП1-10 | 10,8 | 11800 | 400 | 380 |

Допоміжні служби, технологічні і санітарно-технічні комунікації в одноповерхових цехах розташовують, переважно, на антресолях, у підвалах, у вставках між прогонами. Розмір вікна – 4,5 · 1.8 м.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|-----------------------|------|
| | | | | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | 140 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

Як матеріал для світлопропускнуго заповнення вікон використовують листове скло товщиною не менше 3 мм, великорозмірне вітринне скло завтовшки не менше 6 мм, профільне скло швелерного і коробчастого перерізу. Ширина дверей 1,5 м, висота – 2,4 м. Розміри воріт для в'їзду внутрішнього транспорту (рейкового) складає 3.0×3,6 м.

Таблиця 28.2 - Розміри виробничих прогонів відділень та шифр габаритної схеми

| Відділення | Ширина прогону, м | Довжина прогону, м | Висота до низу конструкції, м | Шифр габаритних схем |
|---|-------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------|
| Плавильне (з відділенням підготовки шихти) | 24 | 72 | 10,8 | К10-24-108 |
| Формувальне | 36 | 54 | 10,8 | К5-36-108 |
| Стрижневе | 18 | 18 | 10,8 | К5-18-108 |
| Сумішеприготувальне | 18 | 18 | 10,8 | К5-18-108 |
| Фінішних операцій | 24 | 72 | 10,8 | К2-24-108 |

У шифрі габаритної схеми літера К означає тип будівлі (кранова), дві цифри після літери К – найбільшу вантажопіднімність мостового крана в тоннах, друга група цифр – ширину прогону в метрах, третя – висоту до конструкції перекриття в дециметрах.

Таблиця 28.7 - Розміри прогонів буді відділення фінішних операцій

| Маса виливків, т | Ширина прогону, м | Висота до головки підкранової рейки, м | Висота до низу конструкції перекриття, м |
|------------------|-------------------|--|--|
| до 0,01 | 24 | 8,15 | 10,8 |

Таблиця 28.8 - Покриття підлоги відділень

| Відділення | Навантаження на підлогу, т/м ² | Матеріал покриття |
|---------------------|---|---------------------|
| Плавильне | 1 | Чавунні плити |
| Формувальне | 1 | Залізобетон |
| Стрижневе | 0,5 | Залізобетон |
| Сумішеприготувальне | 1 | Залізобетонні плити |
| Фінішних операцій | 1 | Чавунні плити |

У плавильному відділенні до заливальної ділянки формувального відділення, а також від шихтового відділення до плавильного (перед фронтом печей), передбачено рейковий проїзд. Ширина проїзду – 3 м. Висота – 3 м.

Носійні конструкції покрівлі вибираємо у вигляді збірних залізобетонних балок; підкранові балки – збірні залізобетонні.

Переріз колони – 400 · 400 мм. Підколонник типу А розміром 900 · 900 мм.. висотою 700 мм. Марка фундаменту - ФА3-1. Розмір плити підшви 4200 · 3000 мм. Уступи 3000 · 1800 та 1800 · 900 мм.

Балки установлюють на залізобетонні колони або носійні стіни.

Застосовуються двоскатні балки марки БД9-1 довжиною 9 м ухилом 1:12.

Ферми застосовуються кроквяні. Так. для покриття даху плавильного відділення застосовуються 2 ферми ФК24-2,30 по 24 метри при довжині відділення 48 м.

Номінальна довжина ферм на 400 мм менша від прогону будівлі через укорочення крайніх панелей на 200 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 143 |

Середні опорні стояки мають висоту перерізу 2.200, а крайні – 200 мм плюс розмір прив'язки колони, причому її зовнішня грань є продовженням зовнішньої грані колони, що забезпечує зручне кріплення зовнішніх стін до каркаса будівлі по всій його висоті.

Ферми обпирають на верх колон крайкою торцевої фасонки і прикріплюють до опорних стояків на болтах.

Підкроквяні ферми з паралельними поясами при кроці 24 м використовують для обпирання на сталеві колони.

Висота ферм по обушках поясів становить 3130 мм. В якості настилу застосовують плити довжиною 12 м з рулонним покриттям. Ширина плити 3 м. Розмір плити – 3 · 12м. Крім звичайних плит, виготовляють плити з круглими отворами для установлення вентиляційних пристроїв (зонтів, дефлекторів, вентиляторів). Ліхтар застосовуються шириною 12 м марок ЛФ-9 та ЛФ-5.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 144 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

29. ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

29.1 ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ

Електроенергію в ливарних цехах витрачається на технологічні потреби; силові установки; освітлення та слабкострумові системи (керування сильно струмовим обладнанням, реле).

Загальні витрати електроенергії на виробництво виливків складають:

$$W = (W_T + W_c + W_o) \cdot k, \text{ кВт} \quad (29.1)$$

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

W_c – річні витрати електроенергії на електроприводи сиового устаткування, кВт·год;

W_o – річні витрати електроенергії на освітлення, кВт·год;

k – коефіцієнт утрат електроенергії в мережі ($k = 1,05$).

Витрати електроенергії на одну тону придатного литва визначають за формулою:

$$W_T = \Sigma P_T \cdot G_P, \text{ кВт} \quad (29.2)$$

де P_T – питомі витрати електроенергії на одну тону придатного литва, виготовленого із конкретного сплаву, кВт·год;

G_P – річний випуск придатних виливків, виготовлених із конкретного сплаву, т.

Для литва сірого чавуну в цеху з індукційними тигельними печами ємністю 2,5 тону $P_T = 1300 \text{ кВт·год/т}$

| | | | | | | | |
|-----------|------|-----------|--------|------|-----------------------|------|--------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Перевір. | | Іванченко | | | | 145 | 209 |
| Реценз. | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | |

$$W_{T1} = 15000 \cdot 1300 = 1,95 \cdot 10^7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для термічної обробки сірого чавун у $P_T = 240 \text{ кВт} \cdot \text{год/т}$

$$W_{T2} = 15000 \cdot 240 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\text{Всього: } W_T = W_{T1} + W_{T2} = 1,95 \cdot 10^7 + 3,6 \cdot 10^6 = 2,31 \cdot 10^7 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Визначаємо витрати електроенергії для плавильного відділення за формулою:

$$W_{\text{пл}} = \mathcal{E} = M \Phi_0 \eta_{\text{зв}} K_1 K_2 \text{ кВт} \quad (29.3)$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год.;

$\eta_{\text{зв}}$ – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи (приймається рівним: для електричних печей – 0,6;

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

Таблиця 29.1 – Кількість і потужність устаткування плавильного обладнання

| Тип печі | Кількість | Потужність 1 одиниці, кВт | Сумарна потужність кВт |
|---|-----------|---------------------------|--|
| ИЧТ-2,5 | 7 | 910 | 6370 |
| ИЧТМ-2,5 | 2 | 250 | 500 |
| Інші установки (для підготовки шихти, футерівки, ремонту ковшів, флюсоплавильні печі тощо) | - | - | Складає 10% від потужності всіх печей, тобто 690 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 146 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Кінець таблиці 29.1

| | | | |
|--------|--|--|------|
| ВСЬОГО | | | 7560 |
|--------|--|--|------|

$$\mathcal{E} = 7560 \cdot 3720 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 94493952 \text{кВт}$$

Що складає $94493952/23100000 = 0,41$ від витрат електроенергії на основні виробничі машини та устаткування. Як бачимо, основна потужність всього цеху (41%), витрачається на перелав та перегрів чавуну.

Витрати електроенергії на силові установки, що працюють безперервно (конвеєри, транспортери, елеватори тощо) витрати електроенергії визначають за формулою:

$$W_{с.б} = \Sigma P_{б} \Phi_{д} \eta, \quad (29.4)$$

де $\Sigma P_{б}$ – сумарна моторна потужність устаткування, кВт;

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

$$\Sigma P_{б} = 100 \text{ кВт}$$

$$W_{с.б} = 100 \cdot 3860 \cdot 0,75 = 289500 \text{ кВт год}$$

В плавильному відділенні в якості безперервного транспорту застосовуються тільки 2 стрічкових конвеєри, які засипають шихту з шихтового двору в закрома. Потужність одного конвеєру 5 кВт, звідки

$$W_{с.б} \text{ пл} = 2 \cdot 5 \cdot 3720 \cdot 0,75 = 27900 \text{ кВт},$$

що складає $27900/289500 = 0,1$ від безперервного транспорту інших відділень

Для устаткування, яке працює періодично (мостові крани, електроталі, кран-балки, електровібратори тощо), витрати електроенергії визначають за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 147 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$W_{с.п} = \Sigma P_{п} t n \eta,$$

де $P_{п}$ – потужність приводу конкретного устаткування, кВт;

t – тривалість робочого циклу конкретного устаткування, год;

n – річна кількість циклів конкретного устаткування, шт.;

η – коефіцієнт ви-користання потужності ($\eta = 0,75$).

$$W_{с.п} = 25 \cdot 0,17 \cdot 3860 \cdot 16 \cdot 0,75 = 0,20 \cdot 10^6 \text{ кВт год}$$

Таблиця 29.2 – Кількість і потужність транспортних засобів плавильного обладнання

| Тип | Кількість | Потужність 1 одиниці, кВт | Сумарна потужність кВт |
|-----------------------------------|-----------|------------------------------|---------------------------|
| Монорейковий візок Q – 1 тонна | 6 | 15 | 90 |
| Мостовий кран Q = 10тонн | 3 | 20 | 60 |
| Електрокар Q = 1 тонна | 2 | 10 | 20 |
| ВСЬОГО | | | 170 |

Тоді, для плавильного відділення

$$W_{с.п \text{ пл.}} = 170 \cdot 0,1 \cdot 3720 \cdot 12 \cdot 0,75 = 56916 \text{ кВт}$$

що складає $56916/0,20 \cdot 10^6 = 0,28$ частину від всього цеху.

Загальні витрати електроенергії на силові для плавильного відділення установки визначають становлять з врахуванням 10% неврахованого

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 148 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$W_c = 1,1 \cdot (W_{c.б \text{ пл}} + W_{c.п \text{ пл}} + W_{пл}). \text{ кВт} \quad (29.5)$$

$$W_c = 11 \cdot (56916 + 27900 + 94493952) = 104,04 \cdot 10^6 \text{ кВт}$$

Витрати електроенергії на освітлення розраховують за формулою:

$$W_o = 0,001 \rho F \Phi_o,$$

де ρ – середні витрати електроенергії за 1 год на 1 м² площі:

виробничі відділення ливарного цеху – 15...18 Вт;

складські приміщення всіх рівнів – 8...10 Вт;

побутові приміщення – 8 Вт;

Φ_o – річна кількість освітлювального навантаження, год: для двозмінної роботи – 2300...2500 год

F – площа, яка освітлюється, м²; для плавильного відділення $F = 12960 \text{ м}^2$.

$$F_1 = 0,65 \cdot 12960 \cdot 17 \approx 150 \text{ кВт},$$

$$W_o = 0,001 \cdot 150 \cdot 2400 = 360 \text{ кВт год}$$

Витрати електроенергії на слабострумні апарати (телефон, сигналізація, реле тощо) не враховуємо в силі їх малості.

Як бачимо, на витрачається лише порядку $(360/104,04 \cdot 10^6) 100 = 0,001\%$ від технологічних утрат, тому в розрахунку витрат електроенергії може не враховуватись

Так, загальні витрати електроенергії на річну програму виробництва у плавильному відділенні виливків складають:

$$W_{ee \text{ пл}} = 104,04 \cdot 10^6 \text{ кВт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 149 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

30. СТИСНУТЕ ПОВІТРЯ

За укрупненими розрахунками витрати стиснутого повітря визначають на одну тонну придатного литва за формулою

$$Q_{c.п} = (1,5...1,8) q'G, \text{ м}^3 \quad (30.1)$$

де q' – витрати стиснутого повітря на одну тонну придатного литва, м^3 .

Для сірого чавуну норми витрати становлять $900...1100 \text{ м}^3$ на одну тонну придатного литва.

Так:

$$Q_{c.п} = (1,5...1,8) \cdot 1000 \cdot 15000 = 2,25 \cdot 10^7 \dots 2,72 \cdot 10^7 \text{ м}^3$$

Фізично повітря не витрачається, так як воно з випуском тиску після проведення якоїсь операції, знову повертається в атмосферу, а потім засмоктується, стискається і цикл повторюється знову. Але витрачається електроенергія, яка необхідна на проведення операції стиснення повітря, що вже було пораховано в попередньому пункті.

На автоматичній лінії використовують сухе стиснуте повітря, тому перед повітроприймачем установлюють сушильник.

Абсолютний тиск стиснутого повітря на компресорній станції становить $0,7...0,8 \text{ МПа}$, а біля споживачів – $0,6...0,3 \text{ МПа}$.

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | 150 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |

31. ВОДА

У ливарних цехах воду використовують на такі потреби:

- технологічні (охолодження виливків, грануляція шлаку, зволоження формувальних сумішей тощо);
- охолодження устаткування;
- побутові потреби.

Витрати води для приготування формувальних сумішей визначають за формулою:

$$V_{\text{ВФ}} = a \cdot P_{\text{НЦ}}/100, \text{ м}^3 \quad (31.1)$$

де a – частка вологи в суміші;

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

$$V_{\text{ВФ}} = 3,0 \cdot 22406,5/100 = 672 \text{ м}^3$$

За укрупненими розрахунками витрат води на технологічні потреби ливарного цеху на одну тону придатного литва для цехів виробництва виливків із сірого чавуну становлять – $8 \dots 10 \text{ м}^3/\text{т}$, тобто приблизно $9 \cdot 15000 = 135000 \text{ м}^3$. Тобто, на зволоження суміші витрачається тільки $(672/135000) \cdot 100 = 0,5\%$ з усіх технологічних витрат води. Витрати води на побутові потреби в долі технологічних витрат становлять дуже малу величину.

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|--|-----------------------|-------------|----------------|-----|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Вода | | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> | |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | | | 151 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | КПІ | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | | | |

32. ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Найбільший і майже єдиний постачальник всієї маси газу необхідної для цеху - газові вагранки, які в даному цеху не проектується. Газ витрачається на газовий обігрів тиглів та ковшів при сушці та власне підігрів шихти перед засипкою в піч та газове опалення.

Орієнтовно сумарні витрати природного газу (з урахуванням опалення): для виробництва чавунних виливків складає 150 кгуп/т литва. Кгуп – аббревіатура від «кг умовного палива». Або на річну програму:
 $V_{Г} = 150 \cdot 15000 = 2,25 \cdot 10^6$ кгуп. Переводячи в м³, отримаємо $V_{Г} = 2,25 \cdot 10^6 / 1,17 = 1,92 \cdot 10^6$ м³

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Газопостачання | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 152 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

33. ОХОРОНА ПРАЦІ

Ливарне виробництво характеризується великою різноманітністю операцій. Вони, з одного боку, є джерелом небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища, з другого, потребують значного фізичного та психічного напруження. За напруженістю і різноманітністю операцій ливарне виробництво відноситься до найскладніших. Саме ці обставини вважаються суттєвими причинами високого рівня захворюваності ливарників.

До головних завдань охорони праці у галузі ливарного виробництва належить забезпечення здоров'я людей і підтримання високого рівня працездатності.

Охорона праці в ливарному підприємстві регламентується наказом від НПАОП 27.0-1.01-08 "Правила охорони праці в металургійній промисловості!" та НПАОП 27.5-1.15-97 "Правила безпеки у ливарному виробництві»

В ливарному цеху в цілому працює близько 110 - ти чоловік (у всіх відділеннях), тому згідно статті 14 Охорони Праці в Україні, функції служби охорони виконує окрема спеціальна призначена служба працівників цеху, відповідно до типового положення, що затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань нагляду за охороною праці.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Охорона праці | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 153 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

33.1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

Таблиця 1.11 – Характеристика об'єкту (плавильного відділення)

| Параметр | Основні характеристики чи кількість |
|--|--|
| Висота відділення від рівня полу до низу ферми даху (побутові приміщення розташовані в 2 поверхи висотою по 5,0 м) | 10,8 м |
| Площа виробнича | 1728 м ² |
| невиробнича | 288 м ² |
| Об'єм виробничий | 18662 м ³ |
| невиробничий | 3110 м ³ |
| Кількість працівників | 20 основних 27 допоміжних |
| Освітлення природне штучне | Промисловий LED світильник VS-FLD-PM- 500W на світлодіодах Philips Lumileds |

Таблиця 33.1 – Специфікація технологічного обладнання та оснащення
плавильного відділення

| № | Найменування | Основні характеристики | Кількість | Позиція на рисунку 1.13 |
|---|---------------------------------------|--|-----------|-------------------------|
| 1 | Піч індукційна ІЧТ-2,5/1,0 | Матеріал – чавун, потужність печі – 1000 кВт , ємність – 2,5 тонни, частота струму живлення – 50 Гц, витрати електроенергії – 650-700 кВт/(год*т) габарити в плані - 3000*2850 мм | 7 | 1 |
| 2 | Міксер індукційний ІЧТ-М= 2,5/1,0 | Матеріал – чавун, потужність печі – 400 кВт , ємність – 2,5 тонни, частота струму живлення – 50 Гц, витрати електроенергії – 60-80 кВт/(год*т) габарити в плані - 3400*2850 мм | 2 | 2 |
| 2 | Стенд для сушіння та підігріву ковшів | сушка та підігрів ковшів, габарити – 1780*2800 мм | 3 | 3 |
| 3 | Кран мостовий | Q = 10 тонн | 3 | 4 |
| 4 | Установка для ремонту ковшів | Ремонт ковшів (футерування, набивання, замазування) | 1 | 5 |
| 5 | Тигель-ківш 0,25 тонн | Q = 0,25 тонн | 16 | 6 |
| 6 | Візок монорейковий | Q = 1 тонна | 6 | 7 |
| 7 | Стенд для підігріву шихти | Підігрів шихти до 500-600°C | 2 | 8 |
| 8 | Комплекс підготовки шихти | Підготовка шихти (сортування, просіювання, грануляція, дозування) | 2 | 9 |

Таблиця– Реальні та нормативні характеристики плавильного відділення

| раметр приміщення | Нормативні значення | Реальні значення |
|---|---------------------|--------------------------------|
| Площа на 1-го працюючого (виробничі приміщення) | 4,5 м ² | 1728/47 = 36,7 м ² |
| Об'єм на 1-го працюючого | 15 м ³ | 18662/47 = 39,7 м ³ |
| Ширина проходів | 1,5 м | мінімум 1,5 м проїзди 3,0 м |
| Товщина стін з цегли | | |
| зовнішніх | 500 мм | 540 мм |
| внутрішніх | 250 мм | 450 мм |
| Ширина вікна | 1200 мм | 3000 мм |

Плавильне відділення розташовано з підвітряного боку будівлі, щоб попередити потрапляння димових газів і нагрітого повітря в інші відділення цеху і повинно бути ізольовано від інших відділень цеху.

Для цеху потужністю до 15000 т/рік санітарно-захисна зона складає 100 м. Відхідні гази від печей пічного відділення повинні випускатися на висоті, що не менше ніж на 8 м перевищує найвищу частину даху, тому висота димової труби повинна бути щонайменше на 8 м вище коньку будівлі.

Щоби пил не потрапляв на автоматику та електроніку керування печами, останні розташовують у зоні підвищеного тиску методом створення додаткового напору вентиляційного повітря.

У плавильному відділенні застосовують витяжні конькові вентиляційні ліхтарі, що не задуваються вітром. Ліхтарі повинні бути обладнані пристроями для механічного відкривання фрауг і рам з наземних пунктів управління. Від побутових приміщень плавильне відділення огорожується

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 157 |

перегородкою висотою 2-2,5 м. Підлога відділення – бетоновані доріжки. Обов'язковим у плавильному (як і в інших виробничих відділеннях) є облаштування кімнат відпочинку з нормальними умовами температури та вологості а також душовими, туалетами, вбиральнями.

33.2 АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ

1. Пил.
- 2 Виділення аерозолів і газів.
- 3 Надмірне виділення теплоти.
- 4 Підвищений рівень шуму і вібрації.
- 5 Підвищене значення напруги в електричних мережах.
6. Пожежна безпека. Самий небезпечний та актуальний фактор для плавильного відділення, так як це одне з відділень (з формувально-заливальним), де матеріали мають температуру вище 1000 °С.
- 7 Наявність машин і механізмів, що рухаються, та рухомі частини виробничого устаткування.

Таблиця 33.2.1– Небезпечні фактори плавильного відділення

| Небезпечний фактор | Джерело | Вплив на людину | Захід нейтралізації /зменшення фактору |
|--------------------|--|---|--|
| Пил | Робота з шихтою (засипка, грануляція, сортування, взважування підігрів). Плавка. Футерування, ремонт, набивка ковшів | Порушення нормального акту дихання, задуха, потрапляння елементів пилу в дихальні шляхи, на слизові, алергія, забруднення | Робота в респіраторі, витяжна вентиляція, скрубери, циклони, іскрогасники. Вмонтовані пиловловлювачі в установці для підготовки шихти та ізоляція пилу від працівників |

Продовження таблиці 33.2.1

| | | | |
|----------------------|---|---|--|
| Аерозолі та гази | Плавка. Виділення окису азоту, окису вуглецю, діоксида сіри, вуглекислого газу. Робота на машині ремонту футерівки (при різці автогеном). Пил феромарганцю та феросиліцію | Задуха, отруєння, слабкість, запаморочення, нудота, зміна серцевого та дихального ритмів, аритмія, тахікардія, синюшність, пневмокніоз (пил від феросплавів), пил феросиліцію вміщує миш'як, який дуже отруйний | Ковпаки місцевої витяжної вентиляції безпосередньо над обладнанням |
| Теплове випромінення | Плавка. Піч індукційна, стенди для підігріву шихти, ковшів, тигель-ковщі, рідкий метал, шлак. Переливка з печі в ковші. | Опіки, почервоніння шкіри, слизових оболонок, опіки дихальних шляхів, надмірне випаровування води з тіла, біль. | Водяний або повітряний душ над робочим містом, місцева вентиляція, обдув локальним вентилятором робітника, підсилене споживання підсоленої води, робота в захисному одязі, рукавицях та окулярах. Збільшення дистанції від джерела випромінення. |
| Шум і вібрація | Робота установки для ремонту ковшів (різка). Печі ИЧТ працюють малошумно (до 30 дБ при завантажуванні | Оглушення, псування слуху, негативний вплив на нервову систему та загальне самопочуття, | Робота в навушниках. Антивібраційна підлога, яка поглинає вібраційні хвилі – коливання. Встановлення машин на демпферні основи, |

Продовження таблиці 33.2.1

| | | | |
|--------------------|--|---|--|
| Електричний струм | Піч, кран, будь-яке устаткування | Електротравма з усіма її клінічними картинами | Захист провідячого електричного контуру від контакту з людиною ізоляцією, загородження струмоведучих елементів, застосування маловольтажного інструменту та освіщення. Захисна подошва на взутті. робота в рукавицях |
| Пожежна небезпека. | Індукційна піч, міксер, тигель-ківш, ємність з гарячою шихтою, легуючими елементами, дегкозаймисті речовини типу бензину чи керосину. Пропалення футерівки печі, витік рідкого металу, шлаку, серйозна аварія на печі, викид шлаку та металу з печі при не прожареній та мокрій шихті. Проливання рідкого металу при необережному транспортуванні | Опіки, займання, задуха, задимлення, згорання, отруєння продуктами згорання | Дотримання правил пожежної безпеки. Дуже обережне та уважне поводженнями з установками, які мають рідкий чи гарячий метал та шлак. Перевірка надійного та безпекового закріплення вантажу з гарячим металом на транспортних установках. Ретельна перевірка печей та міксерів перед запуском в роботу, особливо їх футерівки. Перевірка цілостності футерівки тигель-ковшів |

Закінчення таблиці 33.2.1

| | | | |
|-----------------------|---|------------------|---|
| Механічні пошкодження | Кран, візок (наїзд, обривання вантажу), | Механічні травми | Дотримання правил безпеки користування устаткуванням та уважність |
|-----------------------|---|------------------|---|

33.3 ВЕНТИЛЯЦІЯ

Таблиця 33.3.1 – Дільниці шкідливих джерел у плавильному відділенні

| Дільниця джерел виділення шкідливих речовин | Вид компонентів, які підлягають зловленню | Засіб очистки та тип апарату |
|---|---|--|
| Закрома шихтових та формувальних матеріалів. Місця відвантаження контейнерів, підготовки шихти, місця набивки та ремонту тиглів | Пил коксу, брухту, вугілля, шихти, наявність піску, глини. Розсіювання цих матеріалів по цеху | Одинарні циклони - утилізатори МЦ-У - 600 (500-700 кВт) 2 шт. В установці для підготовки шихти передбачено вмонтований очисний захист |
| Плавильна дільниця | Пил шихтових матеріалів, окиси заліза, моно оксид вуглецю | Скрубер Вентури СВ-400/250-2200 – 1 шт. Витяжні ковпаки над пічачами. |

Основні вимоги до повітрі робочої зони представлені в наказі МОЗ від 14.07.2020 № 1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони» (далі — Наказ № 1596). Відповідно до Наказу № 1596 затверджено нові, науково обґрунтовані дані гігієнічних нормативів і регламентів хімічних речовин у повітрі робочої зони.

Вкажемо тільки на ПДК основних отруйних речовин, які виділяються при плавці в індукційних печах.

Таблиця 33.3.2– Основні небезпечні сполуки та їх ПДК при плавці чавуну в індукційних печах та підготовці шихти

| Речовина | Окис азоту, NO ₂ | Ангідрид сірний SO ₂ | Сажа | Окис вуглецю | Пил вуглецю (кокс) |
|------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------|--------------|--------------------|
| ПДК, мг/м ³ | 2 | 10 | 4 | 20 | 6 |
| Клас небезпеки | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |

Таблиця 33.3.3– Питомі виділення забруднюючих речовин при плавці в індукційних печах чавуну, кг/т

| | |
|---|-----------|
| Шкідливі речовини | |
| Загальне газоутворення, м ³ /т | 5 |
| Вміст пилу у відходячих газах, кг/т | 0,3 |
| Пил | 0,75-1,5 |
| Окис вуглецю | 0,1-0,13 |
| Окис азоту | 0,06-0,08 |
| Інше | 0,12-0,21 |

Природня вентиляція цеху – аерація та інфільтрація.

Штучна вентиляція поділяється на 2 типи:

- Приточно-витяжна (методом встановлення спеціальних витяжних шахт). Цей тип вентиляції являється загальним для всіх виробничих відділень і передбачає впровадження вбудованих вентиляційних каналів у стіни приміщення по всьому цеху;

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|-----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 162 |

- Місцева - встановлюються вентиляційні зонди-ковпаки безпосередньо над печами. Також місцеві відсмоктувачі встановлюють над стендами для сушіння і підігрівання ковшів Швидкість відсмоктування газів повинна бути не менше 0,2-0,5 м/с. Швидкість підсмоктування повітря в робочому проїзмі та при нещільностях повітроходах повинна бути не менше 1 м/с, а при пиловиділеннях – не менше 2 м/с.

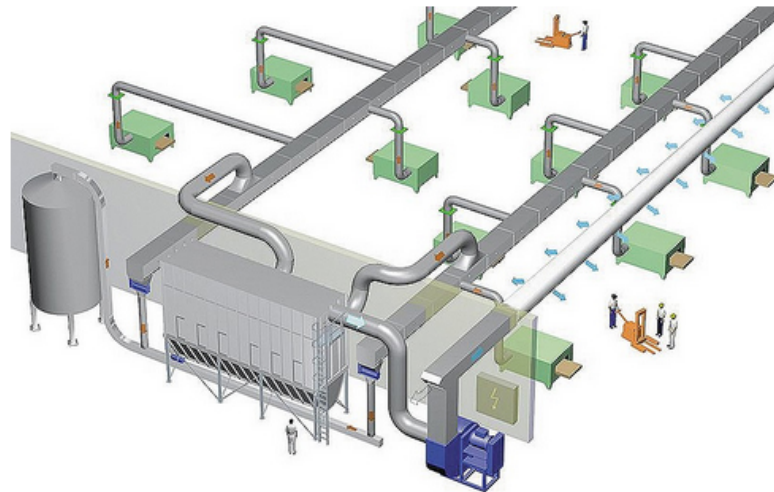


Рисунок 33.3.1– Схема приточно-витяжної вентиляції у відділенні

Застосовується 4 схема вентиляції. Суть четвертої схеми вентиляції полягає у тому, що схема руху повітря здійснюється за схемою “знизу – вниз”, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається, здіймається вгору, рухається вздовж приміщення та по мірі охолодження, спускається до низу де встановлена витяжка.

За цією схемою необхідність у вентиляції kabіни кранівника відпадає, так як шкідливі виділення інтенсивно переміщуються по всьому об'єму цеха до гранично допустимих концентрацій.

Необхідна кратність вентиляції :

$$K = G / q \text{ пдк}$$

де G – виділення шкідливих речовин в цеху, за найбільшою кількістю та шкідливістю, мг/м³;

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|-----------------------|------|
| | | | | | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 163 |

$q^*_{\text{пдк}}$ – ПДК речовини, яка підлягає видаленню, мг/м³

Найбільше та найбезпечнішим виділенням при плавці є виділення оксиду вуглецю, якого виділяється без вентиляції (0,13 кг/т). При плавці в 7 печах ємністю 2,5 т, тривалістю 1,3 год, та розмірах відділення 72 24 10,8 м маємо:

$$G = (130000 \cdot 7 \cdot 2,5/1,3)/(72 \cdot 24 \cdot 10,8) = 93,8 \text{ мг/м}^3$$

У відповідності до норм ливарного виробництва ПДК СО дорівнює 20 мг/м³

$$K = 93,8 / 20 = 4,7$$

Мінімальна продуктивність вентиляторів:

$$L = K \cdot V, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L = 4,7 \cdot (72 \cdot 24 \cdot 10,8) = 87713 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вентилятори вибираємо за номограмою, орієнтуючись на максимальне його ККД. Так, вибираємо вентилятор середнього тиску з максимальним ККД = 0,6 продуктивністю $W_B = 11\,000 \text{ м}^3/\text{год}$, швидкістю робочого колеса 20 м/с, тиском 1400 Па та $A = 5500$.

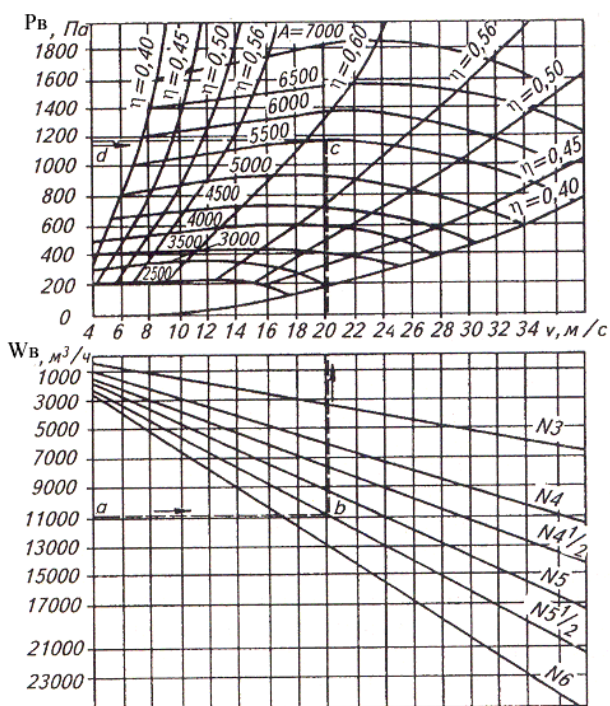


Рисунок 33.3.2– Номограма для вибору вентилятора.

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-----------------------|------|
| | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | 164 |

Необхідна кількість вентиляторів складає:

$$n_B = L / W_B = 87713 / 11000 = 8 \text{ шт}$$

33.4 МІКРОКЛІМАТ

Мікроклімат в ливарному виробництві регламентован згідно ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»

Таблиця 33.4.1 – Оптимальні параметри мікроклімату у працівників плавильного відділення

| Робітник | Категорія робіт | Оптимальна температура, °С/ Оптимальна вологість, %/ Оптимальна швидкість переміщення повітря, м/с | |
|-------------------------|-----------------------|--|-------------------------|
| | | Теплий період року | Холодний період року |
| Шихтувальник | Середньої важкості Пб | 20-22/ 60-40/ 0,3 | 17-19/ 60-40/ 0,2 |
| Плавильник | Важка ІІІ | 18-20/ 60-40/ 0,4 | 16-18/ 60-40/ 0,3 |
| Футерувальник | Середньої важкості Пб | 20-22/ 60-40/ 0,3 | 17-19/ 60-40/ 0,2 |
| Різноробочі, вантажники | Середньої важкості Па | 21-23/ 60-40/ 0,3 | 19-21/ 60-40/ 0,2 |

Кінець таблиці 33.4.1

| | | | |
|-----------|----------|-------------------------|-------------------------|
| Кранівник | Легка Іб | 23-25/ 60-40/ 0,1 | 22-24/ 60-40/ 0,1 |
|-----------|----------|-------------------------|-------------------------|

Таблиця - Параметри мікроклимату для робітників плавильного відділення

| Дільниця цеху | Параметри повітря в зоні дії робітника | |
|---------------|---|------------------------|
| | Теплий період року | Холодний період року |
| Шихтова | Відповідає нормі | На 5...7°C нижче норми |
| Плавильна | На 6...9°C вище норми | На 6...9°C вище норми |
| | Кратність перевищення допустимих значень руху повітря на робочих місцях | |
| Шихтова | 1,9-2,8 | 1,7-2,3 |
| Плавильна | 1,6-2,1 | 1,5-1,8 |

33.5 ОПАЛЕННЯ

Опалення відділення регламентовано згідно ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".

У відділенні використовують повітряне опалення, суміщене з вентиляцією. Теплоносієм для системи опалення і вентиляції використовують гарячу воду з температурою 150 .С.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 166 |

Таблиця 33.5.1 – Теплова характеристика на опалення та вентиляцію

| Відділення | Кубатура, тис м ³ | Питома тепла характеристика, кДж/(м ³ *год*°С) | | Реальна кубатура, м ³ | Реальне значення,*10 ⁻⁶ кДж/(год*°С) | |
|---------------------------|---------------------------------|---|-------------------|--|---|-------------------|
| | | для опалення | для вентиляції | | для опалення | для вентиляції |
| Чавунно- ливарне | менше 100 | 2300 | 9200 | 21772 | 50,08 | 200,30 |
| Інженерно- лабораторне | менше 23 | 1880 | 3560 | ≈ 4200 | 7,90 | 14,95 |
| Побутові | менше 25 | 1460 | 2300 | 3110 | 4,54 | 7,15 |

Обов'язковим є душення плавильників біля печі, які виділять на працівника досить інтенсивну теплову потужність . При цьому припускають такі температури і швидкості руху повітря: у теплий період року – в межах 20...22 °С із швидкістю 2...3 м/с, у холодний період – 16...18 °С зі швидкістю 1...2 м/с.

Адміністративно-побутові приміщення опалюють за допомогою місцевих нагрівальних пристроїв незалежно від системи опалення виробничих приміщень.

33.6 ОСВІТЛЕННІСТЬ

Освітлення регламентується ДБН В.2.5 – 28:2018 “Природне і штучне освітлення”

У плавильному відділенні провадиться 2 типа освітлення: природне та штучне. Характеристика зорової роботи – робота з матеріалами які світяться (гарячі цехи), середньої точності – від 0,5 до 1,0 мм. розряд зорової роботи–VII.. Освітленість при системі загального освітлення – 200 лк. При природньому освітлення КПО: середній – 3,0%, мінімальний – 1,0%. П

Коефіцієнт запасу для природнього освітлення для плавильного відділення при кількості чищень світлового вікна 2 рази в місяць та куті нахилу променю до горизонту 45° дорівнює 1,6/3.

Так як ширина цеху більше 6 м, то на вікнах влаштовують світловідбивні екрани та жалюзі що продовжують світловий потік вглиб приміщення. В плавильному відділенні запроектовано бічне освітлення.

Приміщення цеху відноситься до приміщення з постійним перебуванням людей, тому воно повинно мати природнє освітлення. Нерівномірність природного освітлення для цехів з боковим освітленням не нормується. Для загального штучного освітлення в цеху передбачено газорозрядні та світлодіодні лампи з колірною температурою 4000-5700К.

Так, при яскравості зорової зони роботи 200 лк (в середньому для плавильного відділення), для периферійних відносно точки освітлення, діляниць, потужність освітлення має сягати 150 лк.

Система штучного освітлення – комбінована, причому при такому освітленні світильники загального освітлення мають створювати приблизно 10% нормованого освітлення і 90% припадає на світильники місцевого освітлення. Над пультами керування печами повинні бути люмінесцентні лампи силою освітлення не менше 150 лк. Шкали контрольно-вимірювальних приладів електронні з внутрішньою підсвіткою (для добових та нічних режимів окремо), в зовнішньому спеціальному підсвітленні не нуждаются.

Місцеві світильники розташовані більш щільно над печами ИЧТ-10, над стендом для сушки ковшів, над ділянкою футерівки ковшів, біля kabini мостового крану розташовано спеціальний ліхтар промені якого напрямлені в бік гаку та вантажу. Сонцезахист здійснюється зеленими насадженнями

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 168 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

33.7 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Відповідно до ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» плавильне відділення згідно категорії приміщення за пожежною безпекою відноситься до класу Г (помірно-небезпечних) – «Негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі газу, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо»

Печі відносяться до устаткування категорії Г₃ – помірно-пожежно небезпечні.

Можливі причини пожеж у відділенні: спалахування газу при плавці металу, потрапляння розплавленого металу на інші матеріали, викід чи витік металу та шлаку з печі, пропалювання та прогар тигля, спалахування легкозаймистих речовин, горіння пилю, коротке замикання та інші.

На кожній ділянці відділення є стенд з сухим піском та набором протипожежних інструментів: лопати, лом, відра, порошкові вогнегасники ВХП – 10, ВП – 10, а також рухомі вуглекислотні вогнегасники УП – 2М. Кількість вогнегасників визначається з розрахунку на 400м² два вогнегасники ВХП–10 і один ВП – 10. Так, при виробничій площі відділення 2016 м² кількість вогнегасників: ВХП–10 = 2 · 2016/400 = 10 шт (4 розташовано по периметру відділення та 6 безпосередньо біля печей на колонах цеху) та ВП – 10 = 2016/400 ≈ 6 шт (розташовані біля печей),

Для профілактики виникнення та розповсюдження пожежі прийняті наступні міри: конструкція, розміри та планування споруди, матеріали з яких

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 169 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вона виготовлена, повинні відповідати правилам протипожежної безпеки; правильна експлуатація електрообладнання. Згідно ДБН В.2.1.1-2002 ступінь вогнестійкості споруди (мінімальні межі вогнестійкості) визначаємо по таблиці 4.1 при II ступеню вогнестійкості в [8]: для зовнішніх і внутрішніх несучих стін складає 0,25 годин, для колон – 2,0 години, для плит – 0,75 годин.

Зовні споруди через кожні 100м по периметру передбачена установка пожежних драбин. Навколо всього цеху запроектовано зовнішній водопровід, який має гідранти. У цеху передбачені проходи, проїзди і виходи на випадок евакуації.

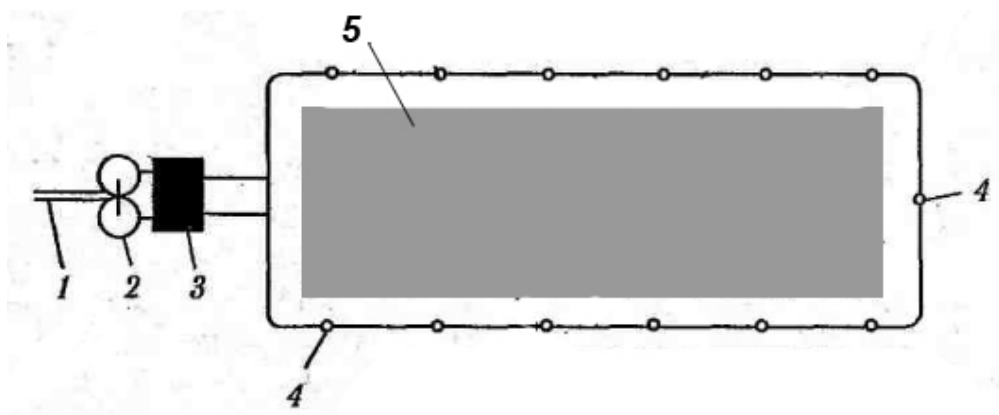


Рисунок 33.7.1 – Схема зовнішнього протипожежного водогону ливарного цеху:

1 – міський водогін, 2 – запасні резервуари води, 3 – насосна станція, 4 – гідранти, 5 – будівля цеху.

Побутові приміщення обладнанні внутрішнім трубопроводом. На випадок пожежі передбачена сигналізація і прямий телефонний зв'язок з пожежною охороною заводу та міста.

33.8 ЕЛЕКТРОНЕБЕЗПЕКА

Основними споживачами електроенергії, і як наслідок, небезпеки ураження електричним струмом, є індукційні плавильні печі, які працюють на промисловій частоті 50 Гц. Для людини пороговий невідпускаючий змінний

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 170 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

струм є струм в 6-10 мА, а пороговий фібриляційний струм (смертельний) 80-100 мА.

Електричний опір шкіри людини – 300-500 Ом.

Плавильне відділення відноситься до категорії «приміщення з підвищеною небезпекою», де фактором ризику є висока температура, наявність струмопроводячих частин печей, устаткування, та струмопроводяча підлога (залізобетон). Піч ИЧТ-2,5 працює на двофазному струмові.

Піч ИЧТ-2,5 котра використовується у плавильному відділенні відноситься до другого класу електротехнічних виробів. Напруга на вході установки складає 380В. згідно з вимогами ПУЕ-89 опір заземлення розтікання струму в любий період року не повинен перевищувати 4 Ом. Заземлення роблять виносним. Вертикальні заземлювачі розташовані на одній лінії. Глибина їх залягання – $t_0=0,6\text{м}$. відстань $a=L/2\text{м}$. В якості заземлювачів використовуються металеві труби діаметром($d=0,05\text{м}$, та заввишки $L=2,0\text{ м}$. Тоді коефіцієнт напруги дотику $\alpha=1,0\text{м}$. Для їх з'єднання використовують металеву стрічку висотою $b=0,1\text{м}$.

Опір одного трубного заземлювача визначають за формулою:

$$R = \frac{\rho}{2\hat{I}L} \left[\lg\left(\frac{2L}{d}\right) + 0,51\lg\left(\frac{4t + L}{4t - L}\right) \right], \quad (33.8.1)$$

де ρ -опір ґрунту в зоні захисного заземлення. $\rho = 100\text{Ом}\cdot\text{м}$;

$$t = t_0 + \frac{L}{2} = 0,6 + \frac{2,0}{2} = 0,7\hat{т} \quad (33.8.2)$$

Тоді :

$$R = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,0} \left[\lg\left(\frac{2 \cdot 2,0}{0,05}\right) + 0,51\lg\left(\frac{4 \cdot 0,7 + 2,0}{4 \cdot 0,7 - 2,0}\right) \right] = 18,23\hat{т} \quad (33.8.3)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 171 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Опір одного заземлювача значно більший 4 Ом, тому використовується пристрій, складений з декількох одинарних заземлювачів. При цьому їх кількість визначається за формулою:

$$N = \frac{R}{R_d \eta}, \quad (33.8.4)$$

де R_d - допустиме значення захисного заземлення , Ом ;

η - коефіцієнт використання електроду, $\eta = 0,75$.

$$N = \frac{18,23}{4 \cdot 0,75} = 6 \quad (33.8.5)$$

Довжина з'єднувальної стрічки визначається за формулою:

$$L_n = 1.05 \cdot N \cdot \alpha \quad (33.8.6)$$

$$L_n = 1.05 \cdot 1,25 \cdot 6 = 7,9 \text{ м}$$

Опір розтікання струму з'єднувальної стрічки становить:

$$R_c = \frac{\rho}{2\pi \cdot L_n \cdot N} \cdot \eta \cdot \lg\left(\frac{2L_n}{bL}\right), \quad (33.8.7)$$

Де n - коефіцієнт екранування стрічки.

$$R_c = \frac{100}{2 \cdot 3.14 \cdot 7,9 \cdot 0,9 \cdot 6} \lg\left(\frac{2 \cdot 7,9}{0,1 \cdot 0,6}\right) = 0,90 \hat{\Omega}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 172 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Загальний опір заземлюючого пристрою складає:

$$R_{заг} = \frac{R \cdot R_c}{R + R_c} \quad (33.8.8)$$

$$R_{заг} = \frac{18.23 \cdot 0.9}{18.23 + 0.9} = 0,86 \text{ Ом}$$

Отримане значення менше ніж допустиме, при кількості заземлювачів $N=6$, та довжині сполучальної стрічки $L=7,9$ м

$R_1 = 18,23$ Ом, $R_{заг}=0,86$ Ом.

Отже для виконання умов ПУЕ-89 необхідно 6 одинарних заземлювачів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 173 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

34 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

34.1 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

34.1.1 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСІТ ПРАЦІВНИКІВ

Частина загальних сумарних поточних витрат на нормальне функціонування будь-якого підприємства витрачається у вигляді оплати праці працівникам, враховуючи преміальні, страхувальні та інші додаткові виплати.

Працівники будь-якого виробництва діляться на

- основних (зайнятих безпосередньо у виробничій діяльності);
- допоміжних (зайнятих у процесах, суміжних до виробництва);
- інженерно-технічних (інженери, технологи, майстри, лаборанти, конструктори, зайнятих у теоретичній частині виробництва);
- управлінський персонал (керівництво, адміністрація, менеджмент)
- побутовий невиробничий персонал (двірники, охоронці, медичні робітники, транспортники, робітники зеленого господарства тощо)

Таблиця 34.1.1 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

| Показники | Планові значення |
|--|------------------|
| Кількість календарних днів | 365 |
| Вихідні та святкові дні | 109 |
| Час на планово-попереджувальний ремонт, днів | 10 |
| Номінальний фонд робочого часу, днів | 246 |
| Невиходи на роботу, днів | 26 |
| з них: | |
| відпустка | 20 |
| захворювання | 4 |
| дозволені законом | 1 |
| з дозволу адміністрації | 0,5 |
| прогули | 0,5 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-----------|--------|------|----------------------------------|-----------------------|------|---------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Панченко | | | Організаційно-економічний розділ | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Іванченко | | | | | 174 | 209 |
| Реценз. | | | | | | КПІ | | |
| Н. Контр. | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

Закінчення таблиці 34.1.1

| | |
|--|------|
| цілодобові простої | 0 |
| страйки | 0 |
| Явочний робочий час, днів | 220 |
| Середня тривалість робочого дня, год | 7,9 |
| Внутрішньо змінні втрати робочого часу та простої, год | 0,3 |
| Робочі години | 7,6 |
| Ефективний фонд робочого часу за рік, год | 1672 |

Розраховуємо кількість основних виробничих працівників, при нормованій роботі на підставі трудомісткості виготовлення продукції:

$$\mathcal{C}_{р.н}^{пл} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot m_i}{T_{р.ч} \cdot K_{в.н}}, \quad (34.1.1)$$

де n – кількість найменувань продукції;

t_i – планова трудомісткість одиниці i -го виду продукції, норма-годин; для цеху з сірого чавуну СЧ1 дрібних виливків продуктивністю 15000 т/рік, $t_i = 11 - 15$ людино – год.

m_i – кількість продукції i -го виду, одиниць;

$T_{р.ч}$ – розрахунковий ефективний час роботи одного робітника, год.

$K_{в.н}$ – очікуваний коефіцієнт виконання норми (1,0 – 1,5).

$$\mathcal{C}_{р.н}^{пл} = \frac{30\ 14\ 520}{1672\ 1,2} = 109 \text{ працівників}$$

У зв'язку з тим що в деякі дні не всі робітники виходять на роботу з різних причин, введено облікову кількість працівників, яка перевищує явочну кількість на значення коефіцієнту.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 175 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову розраховується за формулою:

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100-k)}, \quad (34.1.2)$$

де k – плановий відсоток невиходів на роботу, $k = 10,6$.

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100-10,6)} = 1,12$$

Таблиця 34.1.2 - Кількість основних і допоміжних робітників для двозмінної роботи для плавильного відділення

| Професія, спеціальність, посада | Кваліфікація, розряд | Явочний штат | | Разом | Коефіцієнт облікового складу | Обліковий |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----|-------|------------------------------------|-----------|
| | | 1-а | 2-а | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Основні робітники | | | | | | |
| Шихтувальник | 4 | 2 | 2 | 4 | 1,12 | 4 |
| Плавильник | 5 | 4 | 4 | 8 | 1,12 | 9 |
| Футеровальник | 3 | 2 | 2 | 4 | 1,12 | 4 |
| Разом | | 8 | 8 | 16 | | 17 |
| Допоміжні робітники | | | | | | |
| Крановик | 2 | 3 | 3 | 6 | 1,12 | 7 |
| Вантажник | 1 | 2 | 2 | 4 | 1,12 | 4 |
| Сортувальник | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,12 | 2 |
| Комірник | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,12 | 2 |
| Майстер | 3 | 1 | 1 | 2 | 1,12 | 2 |
| Лаборант | 4 | 1 | 1 | 2 | 1,12 | 2 |

Закінчення таблиці 34.1.3

| | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----|----|----|------|----|
| Різноробочий | 1 | 2 | 2 | 4 | 1,12 | 4 |
| Слюсар по ремонту тех. Уст. | 4 | 1 | 1 | 2 | 1,12 | 2 |
| Слюсар по ремонту плав. Уст. | 5 | 1 | 1 | 2 | 1,12 | 2 |
| Електромонтер | 4 | 1 | 1 | 2 | 1,12 | 2 |
| Разом | | 11 | 11 | 28 | | 29 |
| Управлінський та побутовий персонал | | | | | | |
| Начальник цеху (цех) ¹ | - | 1 | - | 1 | - | 1 |
| Заст.. начальник цеху (цех) | - | 1 | 1 | 2 | - | 2 |
| Начальник дільниці (від) ² | - | 1 | 1 | 2 | - | 2 |
| Головний інженер (цех) | | 1 | - | 1 | - | 1 |
| Головний технолог(цех) | - | 1 | - | 1 | | 1 |
| Старший майстер (цех) | - | 1 | 1 | 2 | - | 2 |
| Бухгалтерія (цех) | | 2 | - | 2 | | 1 |
| Економіст (цех) | | 1 | - | 1 | | 1 |
| Транспортник (цех) | | 1 | 1 | 2 | | 2 |
| Інженер (від) | | 1 | - | 1 | | 1 |
| Нормоконтрольник (від) | | 1 | 1 | 2 | | 2 |
| Прибиральниця (від) | - | 1 | 1 | 2 | - | 2 |
| Двірник/садівник території (цех) | | 1 | 1 | 2 | | 2 |
| Медпрацівник (цех) | | 1 | 1 | 2 | | 2 |
| Разом | - | 13 | 9 | 22 | | 22 |

Примітки: ¹ - робітник на цех в цілому, ² - робітник саме плавильного відділення. В таблиці не враховано робітників юриспруденції, менеджменту, робітників збуту продукції, відділу кадрів, прибиральниць, охоронців, двірників. Наведено основний управлінський та побутовий персонал.

| | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|-----------------------|------|
| | | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | 177 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

34.1.2 РОЗРАХУНОК ФОНДІВ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ

У кожному підприємстві встановлюють тарифну сітку, на якій базується фонд заробітної плати . Нарахування заробітної плати провадиться на основі схеми посадових окладів або єдиної тарифної сітки. Мінімальна заробітна плата з квітня 2024 року - 8000 грн, погодинна мінімальна – 46 грн.

Таблиця 34.1.2.1 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій в Україні на 2024 рік

| Показник | Тарифні розряди | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Тарифні коефіцієнти | 1,0 | 1,09 | 1,18 | 1,27 | 1,36 | 1,45 | 1,54 | 1,64 |
| Зростання тарифних коефіцієнтів: абсолютне відносне | | 0,088 8,8 | 0,116 10,7 | 0,146 12,1 | 0,181 13,4 | 0,269 1,7,6 | 0,092 5,1 | 0,108 5,7 |

Зарплата робітника визначається множенням базової ставки (на основі встановленою державою мінімальним розміром заробітної плати) тарифної ставки для 1-го розряду на коефіцієнт розряду робітника вказаного в табл.. Окрім основної заробітної плати нараховується також додаткова заробітна плата у вигляді премії (20%), важких умов праці та відпустки (12%) та інше, наприклад впровадження нових ідей, технологій, економії матеріалів, компенсація за травматизм, на лікування (10%). Управлінським та побутовим працівникам надбавки не передбачено.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 178 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 34.1.2.2

| Професія, спеціальність | Тарифна ставка, грн./год | Облік складу, осіб | Плановий фонд роб., год | Основна заробітна плата, осіб | Премія, 20% | Важкі та шкідливі умови праці, 12% | Відпустка, 12% | Інші, 10% | Повна зарплат |
|---|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------|---------------------------------------|----------------|-----------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ОСНОВНІ РОБІТНИКИ | | | | | | | | | |
| Шихтувальник | 57,15 | 4 | 1672 | 382219,2 | 76443,84 | 45866,3 | 45866,3 | 38221,92 | 588617,5 |
| Плавильник | 61,20 | 9 | 1672 | 920937,6 | 184187,5 | 110512,5 | 110512,5 | 92093,76 | 1418244 |
| Футерувальник | 53,1 | 4 | 1672 | 355132,8 | 71026,56 | 42615,94 | 42615,94 | 35513,28 | 546904, |
| РАЗОМ | | 20 | | 1658289, 6 | 331657,9 | 198994,8 | 198994,8 | 165829 | 2553766 |
| ДОПОМІЖНІ РОБІТНИКИ | | | | | | | | | |
| Крановик | 49,05 | 7 | 1672 | 574081,2 | 114816,2 | 68889,74 | 68889,74 | 57408,12 | 884085 |
| Вантажник | 45,0 | 4 | 1672 | 300960 | 60192 | 36115,2 | 36115,2 | 30096 | 463478, |
| Комірник | 45,0 | 2 | 1672 | 150480 | 30096 | 18057,6 | 18057,6 | 15048 | 231739, |
| Різноробочий | 45,0 | 4 | 1672 | 300960 | 60192 | 36115,2 | 36115,2 | 30096 | 463478, |
| Сортувальник | 45,0 | 2 | 1672 | 150480 | 30096 | 18057,6 | 18057,6 | 15048 | 231739, |
| Слюсар | 57,15 | 4 | 1672 | 382219,2 | 76443,84 | 45866,3 | 45866,3 | 38221,92 | 588617, |
| Майстер | 53,1 | 2 | 1672 | 177566,4 | 35513,28 | 21307,97 | 21307,97 | 17756,64 | 273452, |
| Лаборант | 57,15 | 2 | | 191109,6 | 38221,92 | 22933,15 | 22933,15 | 19110,96 | 294308, |
| Електромонтер | 57,15 | 2 | 1672 | 191109,6 | 38221,92 | 22933,15 | 22933,15 | 19110,96 | 294308, |
| РАЗОМ | | 27 | | 1804255, 2 | 360851 | 216510,6 | 216510,6 | 180425,5 | 3725208 |
| УПРАВЛІНСЬКИЙ ТА ПОБУТОВИЙ ПЕРСОНАЛ (ПО ВСЬОМУ ЗАВОДУ) | | | | | | | | | |
| Директор | 500 | 1 | 1840 | 920000 | | | | | 920000 |
| Начальник цеху | 400 | 1 | 1840 | 736000 | - | - | - | - | 736000 |
| Заст.. начальник цеху | 360 | 2 | 1840 | 1324800 | - | - | - | - | 1324800 |
| Начальник дільниці | 300 | 5 | 1840 | 2760000 | - | - | - | - | 2760000 |
| Економіст | 140 | 1 | 1840 | 257600 | | | | | 257600 |
| Головний інженер | 300 | 1 | 1840 | 552000 | - | - | - | - | 552000 |
| Головний технолог | 320 | 1 | 1840 | 588800 | - | - | - | - | 588800 |
| Рядові інженери (ІТР) | 120 | 4 | 1840 | 883200 | | | | | 883200 |
| Енергетик | 120 | 1 | 1840 | 220800 | | | | | 220800 |
| Нормоконтрольний | 100 | 2 | 1840 | 368000 | | | | | 368000 |

Арк.

ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ

179

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Закінчення таблиці 34.1.2

| | | | | | | | | | |
|---|-----|----|------|----------|---|---|---|---|----------|
| Старший майстер | 300 | 1 | 1840 | 552000 | - | - | - | - | 552000 |
| Обліковець/діловод | 120 | 2 | 1840 | 441600 | | | | | 441600 |
| Менеджер | 150 | 4 | 1840 | 1104000 | | | | | 1104000 |
| Бухгалтер | 150 | 2 | 1840 | 552000 | | | | | 552000 |
| Лаборант | 120 | 4 | 1840 | 883200 | | | | | 883200 |
| Диспетчер | 90 | 2 | 1840 | 331200 | | | | | 331200 |
| Прибиральниця | 40 | 4 | 1840 | 294400 | - | - | - | - | 294400 |
| Водій | 120 | 4 | 1840 | 883200 | | | | | 883200 |
| Медпрацівник | 100 | 2 | 1840 | 368000 | | | | | 368000 |
| Двірник/садівник території | 50 | 2 | 1840 | 184000 | - | - | - | - | 184000 |
| Охоронець | 70 | 5 | 1840 | 644000 | | | | | 644000 |
| Юрист, робітники відділу збуту, відділу якості, кадрів, невраховані управлінці тощо | 140 | 5 | 1840 | 1288000 | | | | | 1288000 |
| РАЗОМ | | 56 | | 16136800 | - | - | - | - | 16136800 |
| 1/5 для ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ (частка від всього цеху) | | | | 2138080 | | | | | 2138080 |

Розраховуємо частку, яка припадає саме на плавильне відділення, з таким фактором (враховуючи 5 виробничих відділень на заводі), що загально цехові робітники¹ при розрахунку заробітних плат для плавильного відділення, складають 1/5 від всіх виробничих відділень Так, наприклад, бухгалтер працює не на відділення, а на цілий завод. Тому частка зарплат такого робітника (в даному випадку 1/5) приходить на витрати одного з відділень.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 180 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Сумуємо дані по зарплаті з таблиці (останні колонки) і таким чином визначаємо загальний фонд заробітної плати плавильного відділення:

$$K_{\text{ФЗП}} = 2553766 + 3725208 + 2138080 = 8417054 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{ФЗП}} \approx 8,42 \text{ млн. грн.}$$

34.1.3 РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ПРАЦІ

Розраховуємо продуктивність праці Π (річний обсяг продукції, виготовленої з розрахунку на одного працівника цеху) повністю по заводу:

$$\Pi = \frac{G}{\sum \text{Ч}}, \text{ тон/працівника} \quad (34.1.3.1)$$

де G – обсяг продукції, виготовленої цехом (дільницею) за рік, кг;

$\sum \text{Ч}$ – чисельність працівників усіх категорій (робітників, управлінського та обслуговуючого персоналу). Враховуючи, що в цеху працює, як було розраховано основних робітників 109 чоловік плюс 56 управлінців та адміністративний персонал.

$$\Pi = \frac{15000}{165} \approx 91 \text{ тон/працівника}$$

34.2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

34.2.1 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ

Капітальні витрати у будь-якому виробничому приміщенні складається з:

- витрат у основні засоби (устаткування, будівлю, підйомно-транспортні засоби)
- витрати на оборотні засоби (оборотні запаси матеріалів, сировини, запчастин, інструменту тощо - тобто на елементи, які змінюються, обертаються в циклі виробництва).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 181 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Для розрахунку вартість транспортування обладнання, його монтажу і налагодження беруть у розмірі 10–25 % від його ціни. Результати заносимо в табл.

Таблиця 34.2.1 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання плавильного відділення

| Модель | Кількість, шт. | Вартість за од, грн. | Загальна вартість грн. | Витрати транспортування і монтаж, грн. | Всього грн. |
|--|----------------|-------------------------|------------------------------|--|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ОСНОВНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ | | | | | |
| Тигельні печі мод. ІЧТ – 2,5 | 7 | 800000 | 5600000 | 144000 | 5744000 |
| Тигельні печі – міксери мод. ІЧТ – 2,5М | 2 | 700000 | 1400000 | 126000 | 1526000 |
| Тигель-ківш 0,25 тонн | 16 | 32000 | 512000 | 5760 | 517760 |
| Комплекс для підготовки шихти | 2 | 540000 | 1080000 | 97200 | 1177200 |
| Стенд для сушки ковшів | 3 | 74000 | 222000 | 13320 | 235320 |
| Піч для прожарювання флюсу Рек-Mont модель PPE-1 | 2 | 35000 | 70000 | 6300 | 76300 |
| Автомат для підготовки футерівки | 1 | 125000 | 125000 | 22500 | 147500 |
| Бункер-дозатор | 6 | 24000 | 144000 | 4320 | 148320 |
| Установка для ремонту ковшів | 1 | 145000 | 145000 | 26100 | 171100 |
| Всього | | | 9298000 | 445500 | 8743500 |
| ДОПОМІЖНЕ ТА П/Т ОБЛАДНАННЯ | | | | | |
| Кран мостовий Q = 10 тонн | 3 | 600000 | 1800000 | 360000 | 1440000 |
| Монорейковий візок Q = 1 тонна | 6 | 125000 | 750000 | 150000 | 750000 |
| Конвейєр стрічковий | 2 | 200000 | 400000 | 50000 | 450000 |
| Додаткове обладнання (пальники, насоси, лабораторне обладнання тощо) | 1 | 400000 | 400000 | 40000 | 240000 |
| Всього | | | 2950000 | 550000 | 2880000 |
| ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗУ | | | | | |
| Скрубер Вентури СВ-400/250-2200 | 1 | 190000 | 190000 | 35000 | 225000 |

Закінчення таблиці 34.2.1

| | | | | | |
|---|---|--------|--------|-------|-----------------|
| Циклон-утілізатор МЦ-У - 600 (500-700 кВт) | 2 | 48000 | 96000 | 15000 | 111000 |
| Додаткове обладнання (фільтри, насоси, вентилятори, очисники) | - | 100000 | 100000 | 10000 | 110000 |
| ВСЬОГО | | | | | 446000 |
| ВСЬОГО ПО ВІДДІЛЕННЮ | | | | | 12069500 грн |

Кобл \approx 12,07 млн

Розрахунок капіталовкладень в будівлю, комунікації та благоустрій ведемо тільки для плавильного відділення, яке проектується в даному Дипломному проекті. Розміри плавильного відділення наступні:

довжина виробнича – 72000 мм,

довжина побутових приміщень – 12000 мм,

ширина виробнича – 24000 мм,

ширина побутових приміщень – 24000 мм.

висота від підлоги до нижньої конструкції покрівлі 10,8 м.

Тоді, площа плавильного відділення разом з побутовими приміщеннями в плані складають $(72 + 12) \cdot 24 = 2016 \text{ м}^2$

Об'єм приміщення складає

$$2016 \text{ м}^2 \cdot 10,8 \text{ м} = 21772 \text{ м}^3. \text{ З них } 72 \cdot 24 \cdot 10,8 = 18662 \text{ м}^3$$

припадає на виробниче приміщення і $12 \cdot 24 \cdot 10,8 = 3110 \text{ м}^3$ на побутові. Побутові приміщення займають 2 поверхи на сумарну висоту 10,8 м, а виробниче відділення – один. Відношення площі побутових приміщень до виробничих складає

$$(12 \cdot 24) / (72 \cdot 24) = 0,17.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 183 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Визначаємо вартості будівельних та комунікаційних споруд на основі вартості взятої з таблиці 6.7. і туди же заносимо результати, Об'єм побутових приміщень разом з інженерно-адміністративними приміщеннями складає приблизно 1/5 від об'єму виробничих. Об'єм зовнішнього середовища для благоустрою навколо плавильного відділення ведемо як площу полоси шириною 10 м периметру навколо відділення, висотою до 6 м враховуючи зелені насадження, дерева тощо. Тому площа для благоустрою складає приблизно $[(104 - 84) [44-24] 6 = 2400 \text{ м}^3$.

Таблиця 34.2.2 – Вартість капітальних вкладень в будівництво плавильного відділення та комунікацій плавильного відділення (в 2-ій колонці вказано максимальну цифру цінового розброду)

| Елементи будівельно-монтажних робіт | Вартість, грн/м ³ | Об'єм елементу, м ³ | Загальна вартість, грн. |
|---|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1.Плавильне відділення (будівля) | 4000 | 21772 | 87088000 |
| 2.Водопостачання плавильного відділення | 45 | | 979740 |
| 3. Каналізація плавильного відділення | 40 | | 870880 |
| 4. Електропроводка плавильного відділення | 70 | | 1524040 |
| 5. Вентиляція плавильного відділення | 90 | | 1959480 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 184 |

Закінчення таблиці 34.2.2

| | | | |
|--|------|--------|----------------------|
| 6. Побутові приміщення (будівля) | 5000 | ≈ 3110 | 15550000 |
| 7. Водопостачання побутових приміщень | 55 | | 171050 |
| 8. Каналізація побутових приміщень | 120 | | 373200 |
| 9. Електропроводка побутових приміщень | 90 | | 279900 |
| 10. Вентиляція побутових приміщень | 90 | | 279900 |
| 11. Зовнішній благоустрій | 100 | ≈ 2400 | 240000 |
| 12. Невраховані витрати | 1500 | 1000 | 1500000 |
| ВСЬОГО | | | 110816190 грн |

$K_{\text{Буд}} \approx 110,817$ млн

Оборотні засоби – це елементи, які забезпечують безперервну виробничу діяльність відділення. Норматив оборотних засобів – мінімально необхідна їх величина. Запас матеріалів – основа нормативу оборотних засобів. Мінімальний запас матеріалів розраховується за умови безперервного процесу виробництва матеріальними ресурсами в період між двома черговими поставками.

Середньодобове споживання матеріалів визначається як вартість річної потреби в основних та допоміжних матеріалах, сировині, запасних частинах, інструменту, спецодягу тощо, розділених на 360 – розрахункове число днів за рік.

Середній поточний запас поставлених в цех матеріалів в оборотних коштах становить близько 70% в долі всіх оборотних коштів і визначається за формулою:

$$Z_{\text{м}} = M_{\text{д}} \cdot \frac{T_{\text{пост}}}{2}, \text{ грн}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 185 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де M_d – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн; беремо з табл.

6.8;

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

$$Z_m = 532000 \cdot \frac{20}{2} = 5320000 \text{ грн ,}$$

$K_{\text{ЗАП}} \approx 5,32$ млн

Розмір резервного і технологічного запасів, а також змінного устаткування беруть у розмірі 50 % від вартості поточного запасу.

Тобто $K_{\text{РЗАП}} \approx 2,66$ млн.

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

$$N_{\text{заг}} = 5,32 + 2,66 = 7,98 \text{ млн. грн.}$$

Таблиця 34.2.3- Вартість основних матеріалів для плавки чавуну

| Найменування | Витрати, тон на річну програму (15 000 т) | Вартість 1т, тис грн | Середнє добове спожива ння, тон (/360) | Середнє добове споживан ня, тис. грн |
|-----------------------------------|--|-------------------------|--|--|
| Брухт чавунний | 2263,98 | 6,25 | 6,29 | 39,31 |
| Зворот власного виробництва | 13245,98 | 6,25 | 36,79 | 229,94 |
| Феросиліцій ФС45 | 40,25 | 65 | 0,11 | 7,15 |
| Феромарганец ь ФМн90 | 29,55 | 100 | 0,08 | 8,00 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 186 |

Закінчення таблиці 34.2.3

| | | | | |
|--|---|---|------|--------------------|
| Карбюрізатор | 58,80 | 45 | 0,16 | 7,20 |
| Кварц молотий (футерівка тигля) | 1050,00 | 9,0 | 2,92 | 26,25 |
| Борна кислота | 45,00 | 800 | 0,13 | 100,00 |
| Цегла шамотна | 750,00 або 197368 шт (при масі цегли 3,8 кг) | 1 шт – 80 грн. В 1тонні – 263 шт Итого 21,04 | 2,08 | 43,76 |
| Глина вонетривка | 480,00 | 5 кг – 47 грн 1 тонна – 9,4 тис.грн. | 1,33 | 12,50 |
| Асбестовий лист | 24,00 | 8 кг – 340 грн 1 тонна – 42,50 тис.грн. | 0,07 | 2,98 |
| ВСЬОГО | 17987,56 | | | 477,09 тис. грн |
| Невраховане (10-15% від всього врахованого) | | | | 55 тис. грн.. |
| ВСЬОГО з неврахованим | | | | 532 тис.грн. |

Зведені показники розрахунку капітальних втрат заносимо в табл. 6.9

Таблиця 34.2.4– Розрахунок загальних капітальних вкладень для плавильного відділення

| Елементи капіталовкладень | Сума | |
|---|-----------|-------|
| | тис. грн. | % |
| 1. Будівлі: | | |
| 1.1. Виробничі | 92422,140 | 70,87 |
| 1.2. Побутові з благоустроєм та невраховані | 18394,050 | 14,10 |
| 2. Устаткування | | |
| 2.1. Основне технологічне | 8743,500 | 6,70 |
| 2.2. Допоміжне та підйомно-транспортне | 3326 | 2,21 |
| 3. Оборотні засоби | 7980 | 6,21 |
| Всього | 130865,69 | 100% |

Як бачимо з табл. 6.9, основна маса капіталовкладень для плавильного відділення внедрена у виробничі будівлі (близько 70%) та побутові приміщення з благоустроєм (14%).

34.3 ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ОДИНИЦІ ПРОДУКЦІЇ

Перед тим як розраховувати собівартість продукції, слід розрахувати амортизаційні витрати. Розраховуємо амортизаційні витрати.

1) Витрати на отримання в робочому стані на ремонт устаткування приймаються у розмірі 10...20% від його балансової вартості, а саме $11619500 \cdot 0,15 = 1742925$ грн

2) Витрати на ремонт будівель та споруд складають 8% від їх вартості, тобто $110816190 \cdot 0,08 = 8865295$ грн.

3) Амортизація на транспортні засоби складає 40% від їх вартості, а саме, $3326000 \cdot 0,40 = 1338400$ грн.

4) Витрати, пов'язані з підготовленням та освоєнням нової продукції» відносяться такі витрати:

- збільшені витрати виробництва нових видів продукції в період їх освоєння;
- на освоєння нового виробництва, діляниць та окремого устаткування;
- на винахідництво та раціоналізацію;

Ці витрати складають 20...50 % від суми основної зарплати робітників, а саме (приймаємо долю 35%): $(1658289,6+1804255) \cdot 0,35 = 1211891$ грн.

5) Позавиробничі витрати вважаємо рівними 100 грн на тонну придатного литва, або ж $15000 \cdot 100 = 1500000$ грн.

6) Відрахування на соціальне страхування розраховується у відсотках від суми основної та додаткової зарплат:

Загальна сума відрахувань за цією статтею калькуляції складає 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати основних робітників цеху, тобто по відділенню $6278974 \cdot 0,22 = 1381374$ грн.

7) Загальновиробничі витрати. Складають 110 – 120% від основної зарплати технологічних робітників, а саме $1,15 (1658289,6+3725208) = 6191022$ грн

Загальногосподарські витрати складають близько 100% від основної зарплати технологічних робітників, а саме $1,0 (1658289,6+1804255) = 3462545$ грн

Основні складові елементи на базі яких визначається собівартість продукції (на основі попередніх розрахунків):

1) сировина і матеріали – $532000 \cdot 360 = 191520$ тис грн..

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 189 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- 2) паливо та енергія на технологічні цілі – 83709 тис. грн..
- 3) заробітні плати робітників - 8417,054 тис. грн.;
- 4) єдиний соціальний внесок – 22% від загального фонду заробітної плати по відділенню 1381,374 тис. грн.
- 5) витрати на утримання і експлуатацію устаткування складають 1742,925 тис. грн.
- 6) загальновиробничі витрати; втрати внаслідок браку та інші виробничі витрати 6191,022 тис грн.

Сумуємо всі витрати плавильного відділення і результати заносимо в таблицю 6.11.

Вартість енергетичних витрат розраховуємо виходячи з їх споживання, які розраховані в розділі «Енергетика» і тільки для плавильного відділення.

Таблиця 34.3.1 – Вартість енергетичних витрат по плавильному відділенню (з ПДВ)

| Стаття енергетики | Витрата за річну програму, кВт | Вартість 1 од. | Вартість за річну програму, тис. грн.. |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|
| ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА | | | |
| Основне обладнання | 9449395 | 5,6 грн/кВт | 58262 |
| Допоміжне обладнання | 84816 | | |
| Освітлення | 54 | | |
| Невраховане (10% від вищенаведеного) | $9,46 \cdot 10^5$ | | |
| ВСЬОГО | $10,4876 \cdot 10^6$ | | |
| СТИСНУТЕ ПОВІТРЯ | $2,72 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ | 350 грн/тис.м ³ | 952 |

Закінчення таблиці 34.3.1

| | | | |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|
| ВОДА | 95000 м ³ | 8,2 грн/м ³ | 779 |
| ГАЗ | 1540000 м ³ | 15,4 грн/м ³ | 23716 |
| ВСЬОГО ДЛЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ | | | 83709 тис.грн. |

Кен \approx 83,71 млн.

Таблиця 34.3.2 – Зводний баланс капіталовкладень і витрат плавильного відділення

| Найменування статті витрат | Сума, тис грн. |
|---|------------------|
| Заробітна плата | 8417,054 |
| основна | 5600,625 |
| додаткова | 2816,429 |
| єдиний соціальний внесок | 1381,374 |
| Обладнання та транспортні засоби | 12069,500 |
| Енергетичні витрати | 83709 |
| Будівлі та комунікації | 110816,190 |
| Утримання та експлуатація устаткування | 1742,925 |
| Сировина та матеріали | 16400,000 |
| Ремонт будівель та споруд | 8865,295 |
| Амортизація транспортних засобів | 1338,400 |
| Витрати на підготовку та освоєння нової продукції | 1211,891 |
| Загальновиробничі витрати | 6191,022 |
| Загальногосподарські витрати | 3462,545 |
| ВИРОБНИЧА СОБІВАРТІСТЬ РІЧНОЇ ПРОГРАМИ | 264022,25 |
| Позавиробничі витрати | 1500,000 |
| ПОВНА СОБІВАРТІСТЬ РІЧНОЇ ПРОГРАМИ | 265522,25 |

Повна собівартість

$$C_{п} = C_{р\dot{ч}} / V_{р}, (34.3.1)$$

$$C_{п} = 265522,25 \text{ тис. грн.} / 15 \text{ тис. т.} = 17700 \text{ грн.т} \approx 17,7 \text{ грн/кг}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 191 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

34.4 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ

Трудомісткість продукції визначається як відношення витраченої кількості праці до загального обсягу виробленої продукції.

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

$$t = \frac{\chi_{oc} \cdot \Phi_{ef}^{пл}}{G}, \text{ нормо-год/т (34.4.1)}$$

де χ_{oc} – загальна чисельність основних (технологічних) робітників, осіб;

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

G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$t = \frac{47 \cdot 1672}{15000} = 5,24 \text{ нормо-год/т}$$

Капіталомісткість (фондомісткість) продукції – відношення загальних капітальних витрат ($K_{заг}$) у будівництво цеху (дільниці) або на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції, іншими словами, показує яка частина грошей вкладених саме у капітальне будівництво вкладено у одиницю виробу (чи маси) :

$$K_G = \frac{K_{заг}}{G} \text{ тис. грн./ т. виливків} \quad (34.4.2)$$

$$K_G = \frac{110816,190}{15} = 7387,75 \text{ тис. грн./ т. виливків}$$

Період окупності капітальних витрат ($\Pi_{ок}$), повинен бути менше нормативного прийнятого нормативного для рентабельності підприємства:

$$\Pi_{ок} = \frac{K_{заг}}{\Gamma_{п}} < \Pi_{ок}^н, \quad (34.4.3)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 192 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

$П_{ок}^H$ – нормативний період окупності, років.

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

$$ГП_p = 0,82 \cdot (Ц - C_n) \cdot G + \sum A, (34.4.2)$$

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

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

C_n – повна собівартість одиниці продукції, тис грн;

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

Таблиця 34.4.1 – Групи основних засобів у плавильному відділенні та мінімальні терміни їхньої експлуатації

| Групи | Мінімально допустимі строки корисного використання, років | Річна норма амортизації, % |
|--|---|----------------------------|
| група 3 – будівлі | 20 | 5 |
| група 4 – машини та обладнання | 5 | 20 |
| з них | | |
| група 5 – транспортні засоби | 5 | 20 |
| група 6 – інструменти, прилади, інвентар (меблі) | 4 | 25 |

Групою 6 в розрахунках нехтуємо.

$$ГП_p = 0,82 \cdot (23 - 17,7) \cdot 15 + 0,05 \cdot 8865,295 + 12069,500 \cdot 0,2 + 1338,400 \cdot 0,2 = 31900 \text{ тис. грн.}$$

Тоді

$$П_{ок} = \frac{110816,190}{31900} = 3,46 < П_{ок}^H = 20 \text{ років,}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 193 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Отже, період окупності становить 3,5 років, що менше критично допустимого (20 років), більше якого підприємство стає нерентабельним.

Таблиця 34.4.2 – Порівняльні техніко-економічні показники плавильного відділення

| Найменування показників | Одиниця виміру | Значення по варіантам |
|---|---------------------------------|-------------------------|
| | | Спроектоване відділення |
| 1. Річний плановий обсяг виробництва продукції (G) | тис.т | 15 |
| 2. Загальна площа плавильного відділення | м ² | 2016 |
| 3. Виробнича площа плавильного відділення | м ² | 1728 |
| 4. Капіталомісткість продукції (K_G) | $\frac{\text{грн}}{\text{т}}$ | 7387,75 |
| 5. Загальна чисельність у тому числі: | | 53 |
| основний (технологічний) персонал | | 20 |
| допоміжний (технологічний) персонал | осіб | 27 |
| управлінський та обслуговуючий персонал (частка для відділення) | | 6 |
| 6. Загальний річний фонд заробітної плати | грн | 8417054 |
| 7. Середньомісячна заробітна плата одного працівника | грн | 13234,36 |
| 8. Річний виробіток на одного працівника (продуктивність) | $\frac{\text{т}}{\text{особу}}$ | 91 |

ВИСНОВОК

Ливарне виробництво є одним із самих стародавніх методів отримання металу. Ще з Бронзового та Залізного віків люди навчилися примітивно отримувати примітивні шматки металу, плавлячи їх у спеціальних горнах з надувом повітря. З тих пір, з кожним віком, роком технологія отримання литого металу все вдосконалювалась та вдосконалюється і сьогодні. Базовою точкою відправлення для основоположення технології лиття є лиття в разові піщано-глинисті форми. Цей метод укорінився як базовий, на основі якого з'являються нові і нові технології.

Сутність цього методу полягає в тому, що у піщано-глинистому об'ємі - насипі створюється форма у виді вийомки - порожнини, яка має зовнішню конфігурацію необхідної деталі, але трошки більших розмірів враховуючи необхідні припуски на обробку.- зрізання поверхневого неякісного шару металу, його поверхні.

Конфігурацію внутрішніх отворів та порожнин і западин заповнює спеціальний елемент – стрижень, який має точну таку ж форму як і внутрішня порожнина деталі. Тільки розміри стрижня дещо інші. Іноді порожнину форми заповнює сама конфігурація форми. Литі заготовки можна отримувати практично будь-якої форми, в той час як зварюванням, ковкою та штамповкою деталі будь-якої конфігурації отримати неможливо, щоби заготовки по своїй формі столь наближувалися до готової деталі. Припуски в литих деталях можуть бути досить незначними (в залежності від виду литва). Утилізація відходів в ливарному виробництві не є кінцевою, так як бракований метал (якій використовувався на елементи ливникової системи) може бути успішно переплавлено і знову розлито в форми.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Панченко | | | Висновок | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | Іванченко | | | | | 195 | 209 |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | КПІ | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | ім. Ігоря Сікорського | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |

В зварювальному, ковочному та штампованому металу для перероблення відходів потрібен ланцюг дороговартісних операцій та устаткування.

Проектуємий ливарний цех займається виробництвом дрібних виливків із сірого чавуну СЧ150 та СЧ200 . Характерним для цеху є дрібнота виливків за масою (до 10 кг), але велика їх кількість при відносно невеликій потужності цеху (15 000 т/рік). Виливкі в основному мають нескладну конфігурацію. Литво проводиться в піщано-глинисті разові форми, причому 95% з суміші складає оборотня, регенерована і лише 5% нової суміші на основі кварцового піску та бентоніту. Простота виливків та їх мала вага дозволяють проводити формовку по-сирому.

Стрижні в силу необхідності їх підвищеної міцності виготовляють методом ХТС з реактивних смол продувкою їх газоподібними каталізаторами. Формовка провадиться на формувальній лінії, а виготовлення стрижнів – на стрижневих лініях. В якості плавильних агрегатів застосовуються індукційні тигельні печі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 196 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТОК А

А-А

Б-Б (1:1)

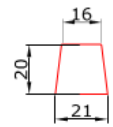


Фжив1 = 1,55 см²

Нжив = 4

Фжив = 6,21 см²

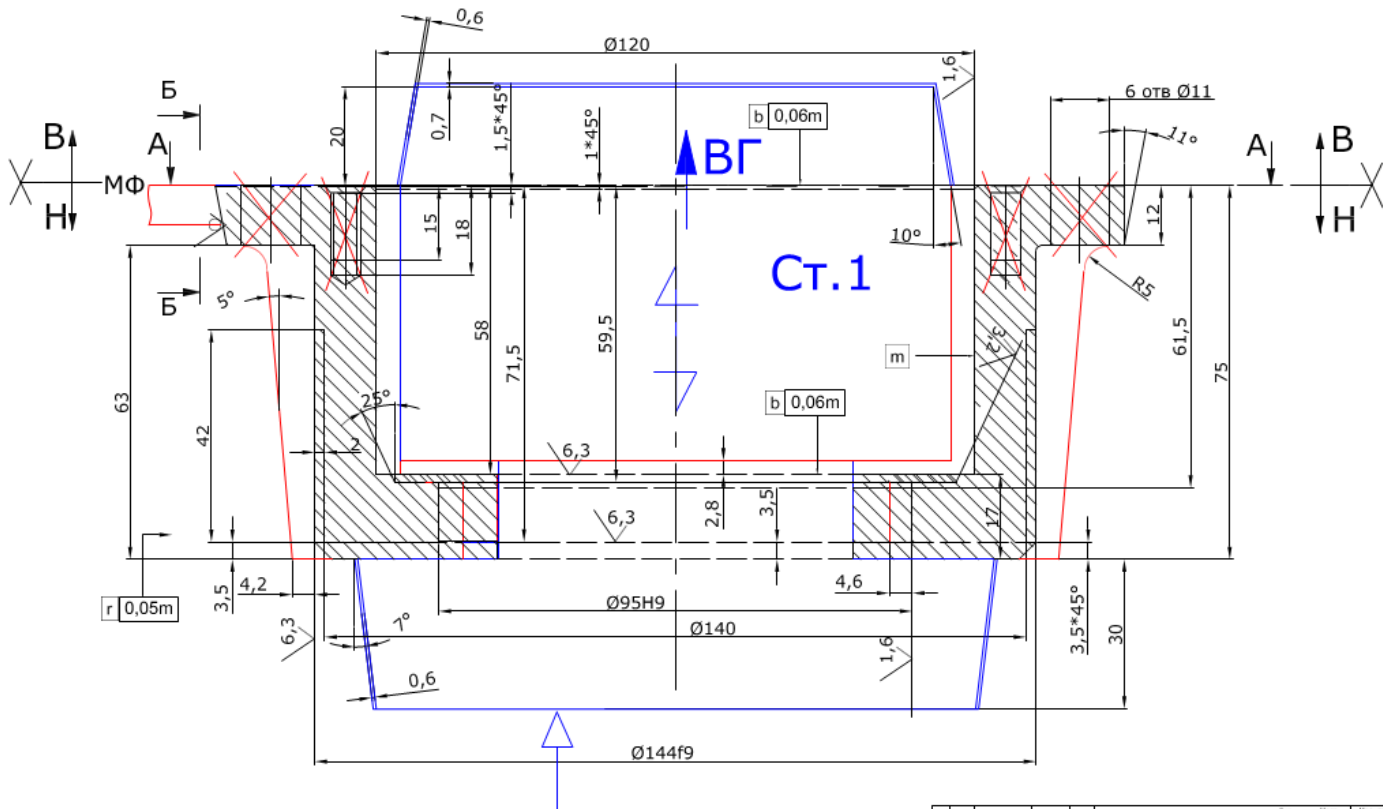
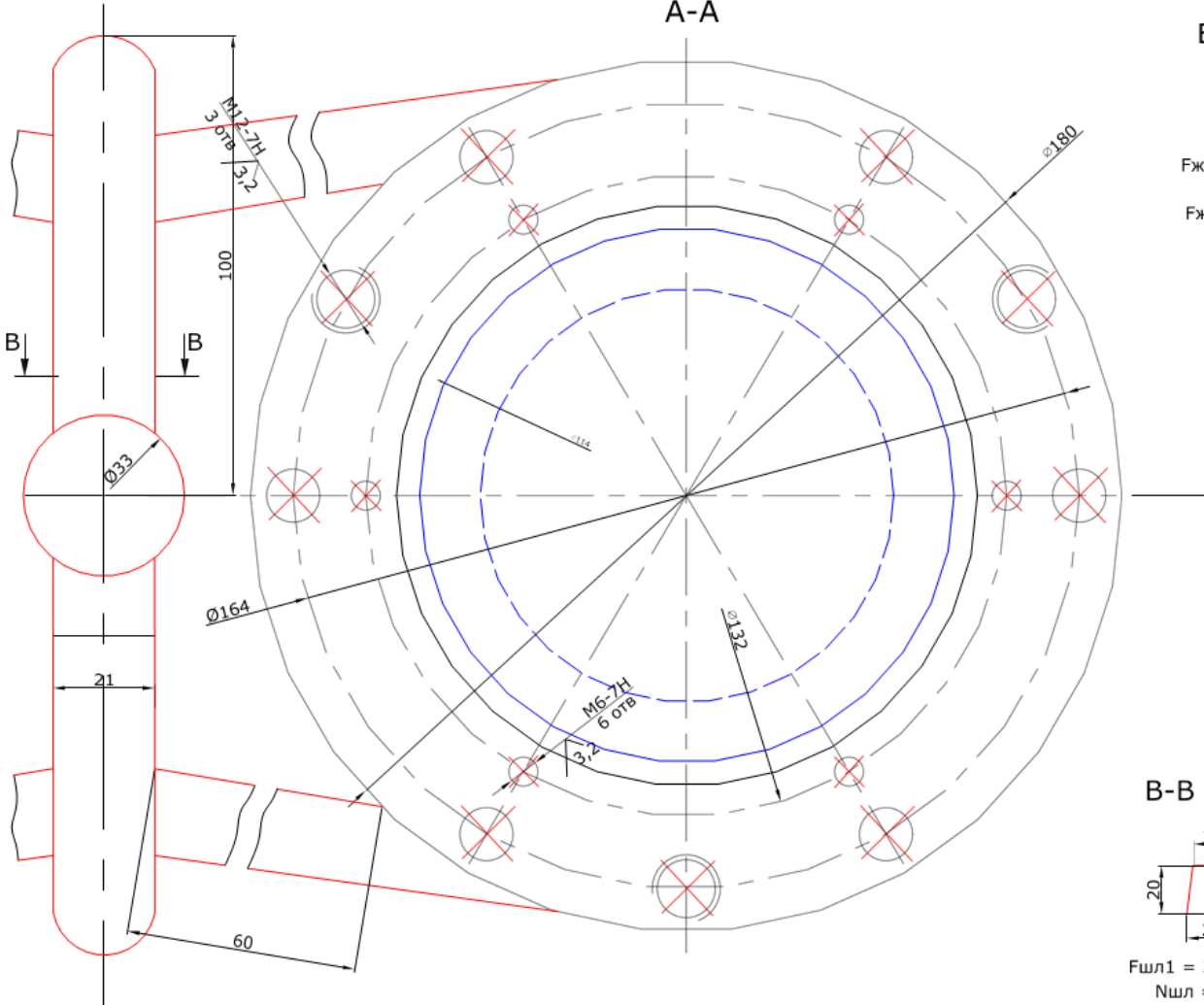
В-В (1:1)



Фшл1 = 3,70 см²

Ншл = 2

Фшл = 7,40 см²



| № | Авт. | № документа | Підпис | Дата | № | Масштаб | Масштаб |
|---|-----------|-------------|--------|------|-----|---------|---------|
| 1 | Проектант | | | | 4,0 | 2:1 | |
| 2 | Перевірив | | | | | | |
| 3 | Н. вказ. | | | | | | |
| 4 | Т. конст. | | | | | | |

Корпус подшипника

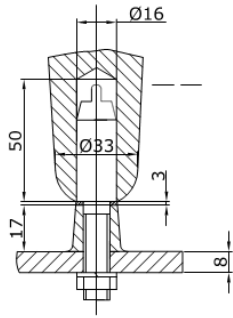
СЧ-150

КІВ іст. Ігора Сіверського

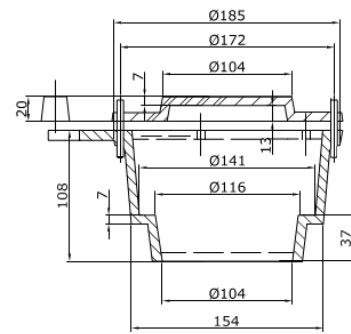
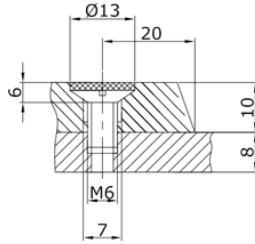
ДОДАТОК Б

Модель

В (1:1)

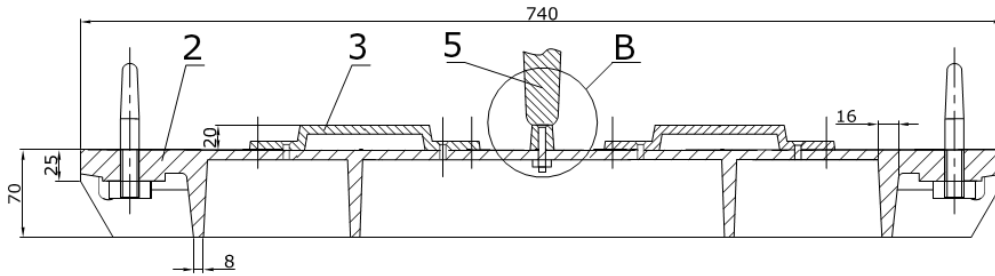


Б (2:1)



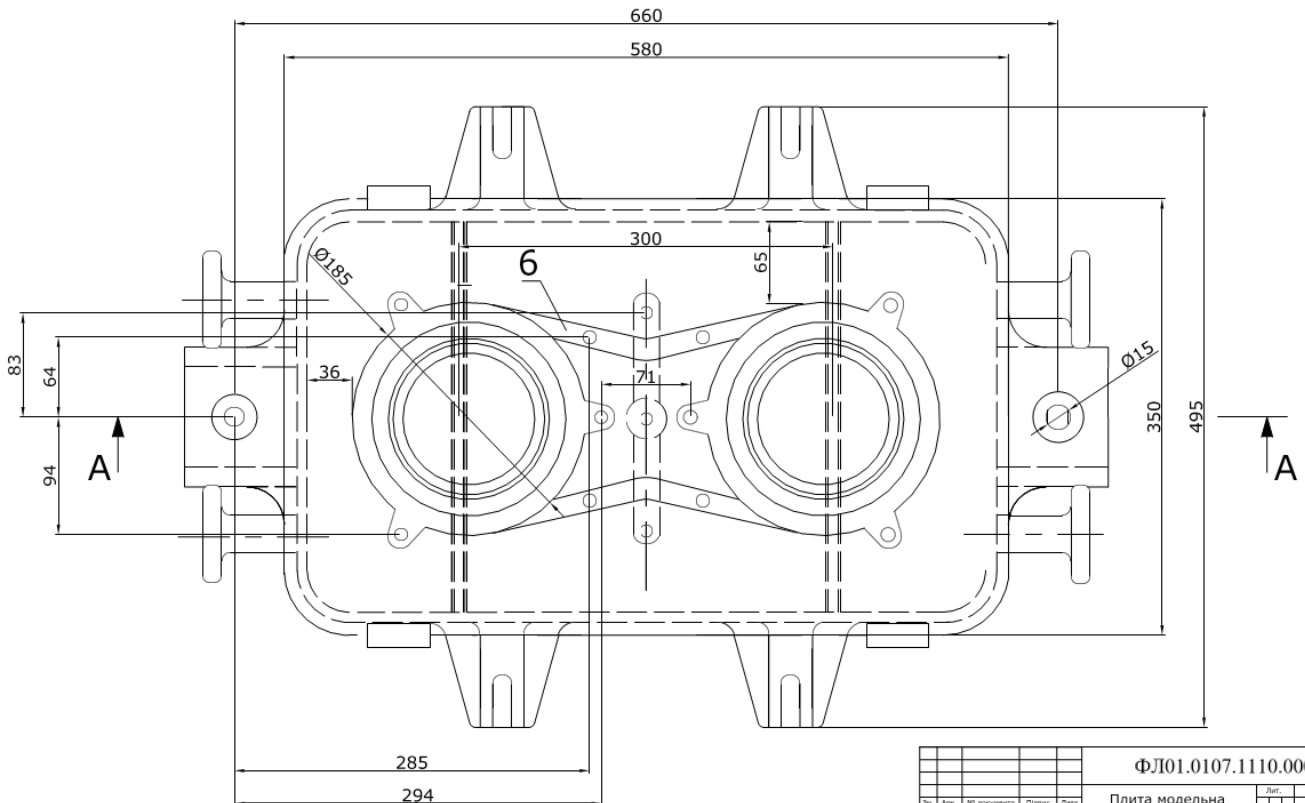
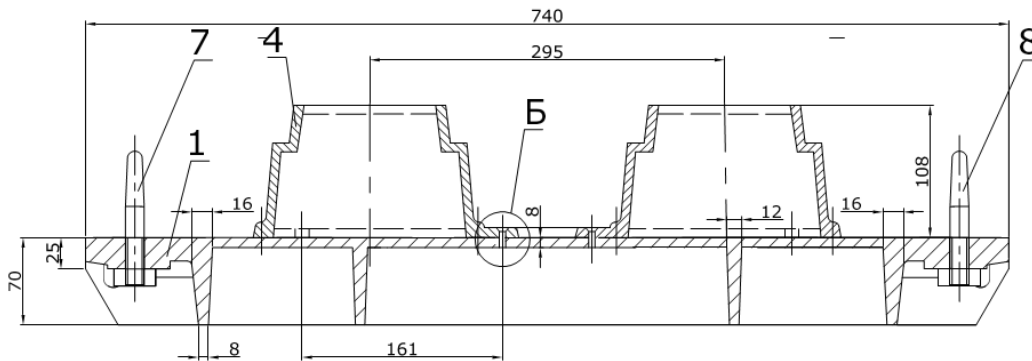
A-A

ВЕРХНЯ ПЛИТА



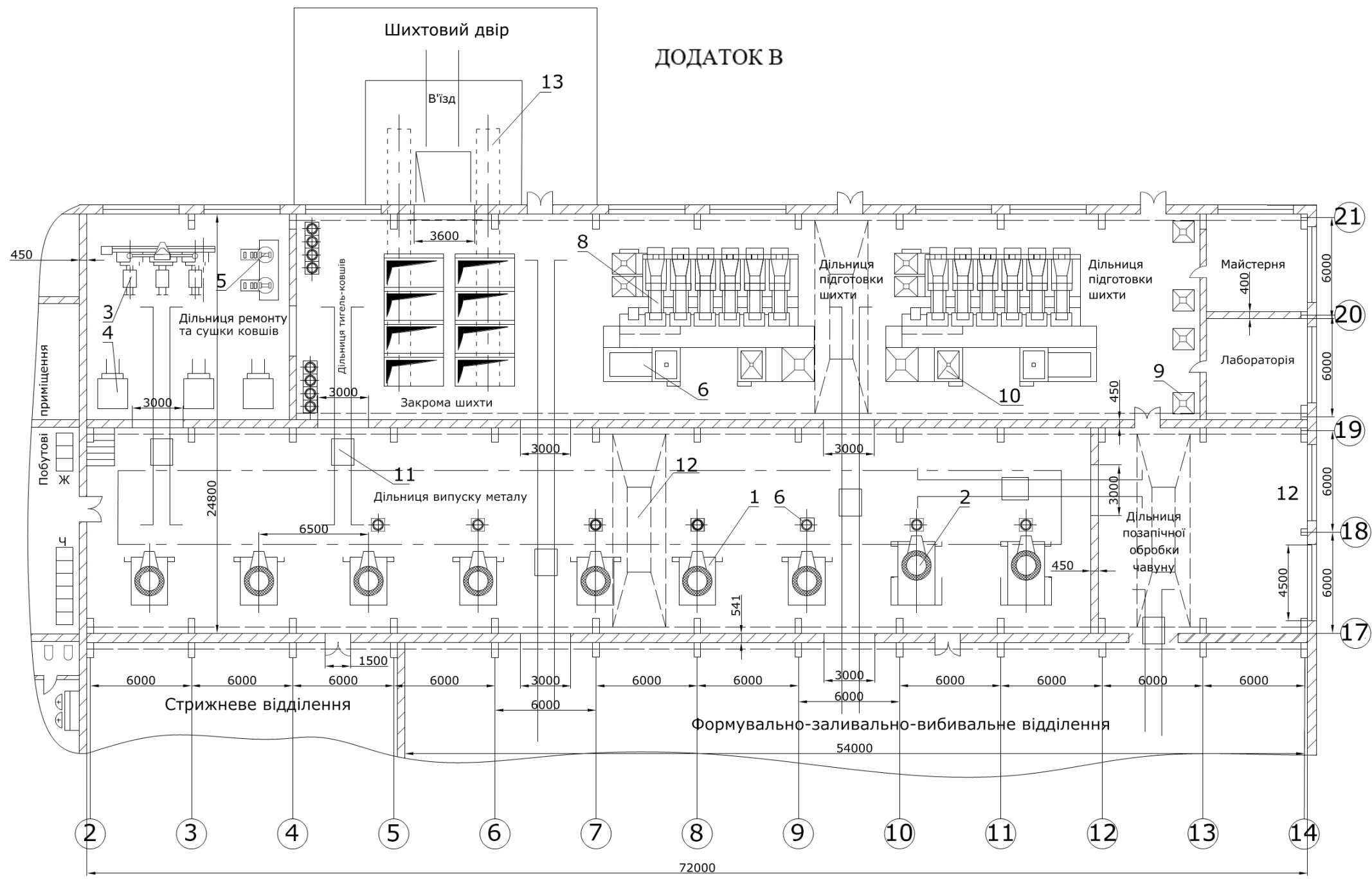
A-A

НИЖНЯ ПЛИТА



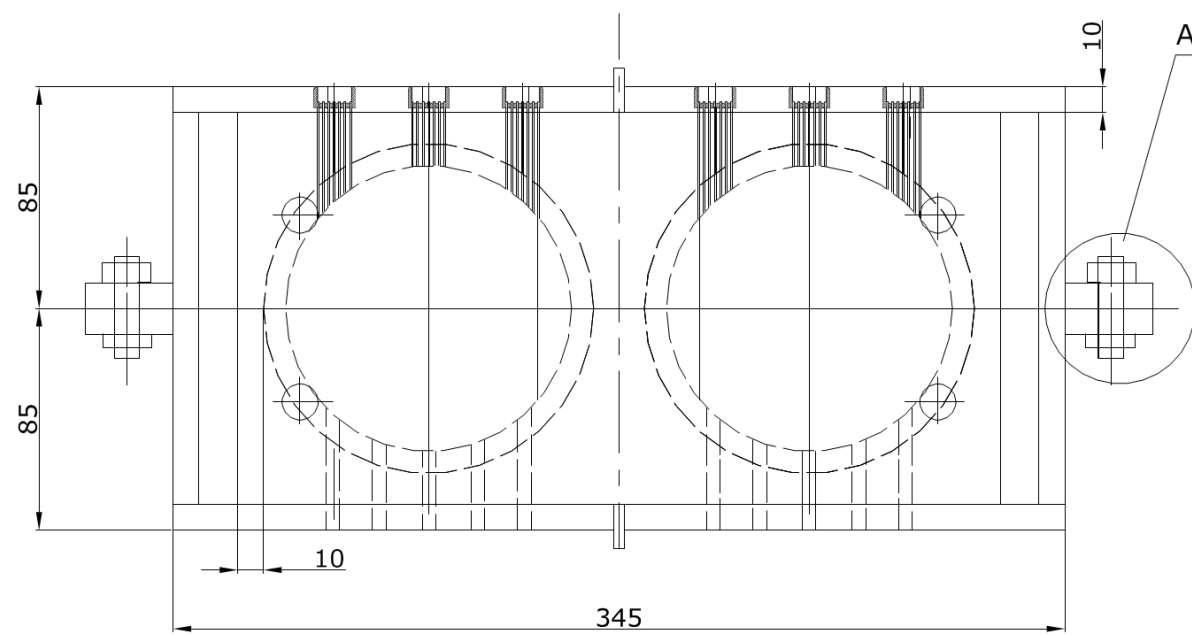
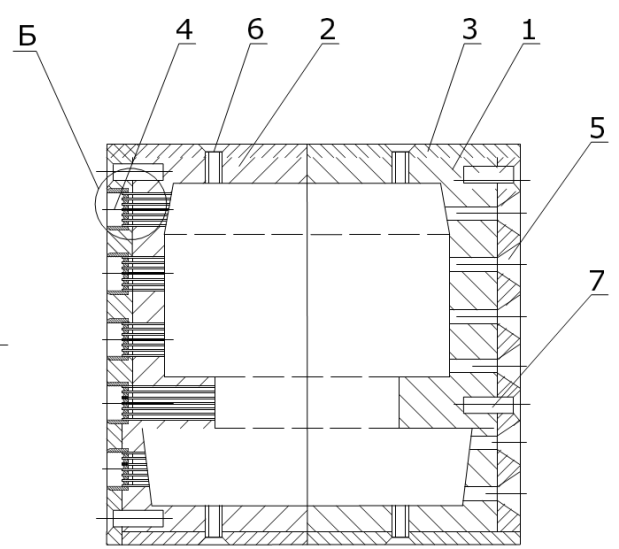
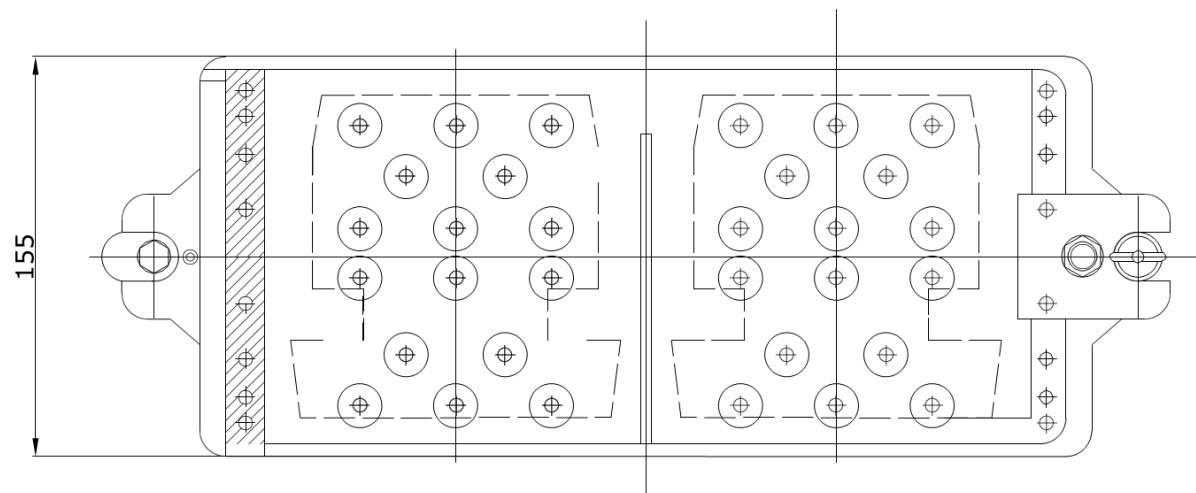
| ФЛ01.0107.1110.000 ЗВ | | | | | | |
|------------------------------------|------------|-------------|--------|---------------------------|---------|---------|
| Зм. | Арх. | № документа | Листів | Дата | | |
| Розробив | Григоренко | Григоренко | | | | |
| Перевірив | Завальнюк | | | | | |
| Т. Копр. | | | | | | |
| Зам. | | | | | | |
| Плита модельна з моделями виливків | | | | Лит. | Маса | Масштаб |
| Загальний вигляд | | | | Архив | Архив 1 | 1:2 |
| | | | | КПІ ім. Ігоря Сікорського | | |

ДОДАТОК В

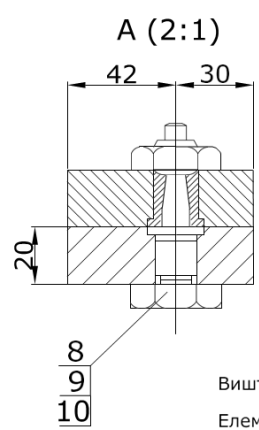
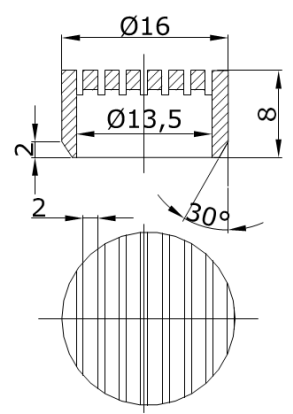


| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата | План плавильного відділення потужністю 15000 т/рік з індукційними печами | | Лист | Маса | Масштаб |
|-----------|------|-------------|--------|------|--|--|-------|------|-----------------------|
| Розробив | | | | | 15000 т/рік | | | | 1:100 |
| Перевірив | | | | | з індукційними печами | | Аркуш | | Аркушів 1 |
| Т. контр. | | | | | План відділення | | | | КПІ |
| Затв. | | | | | | | | | ІМ. Ігоря Сікорського |

ДОДАТОК Г



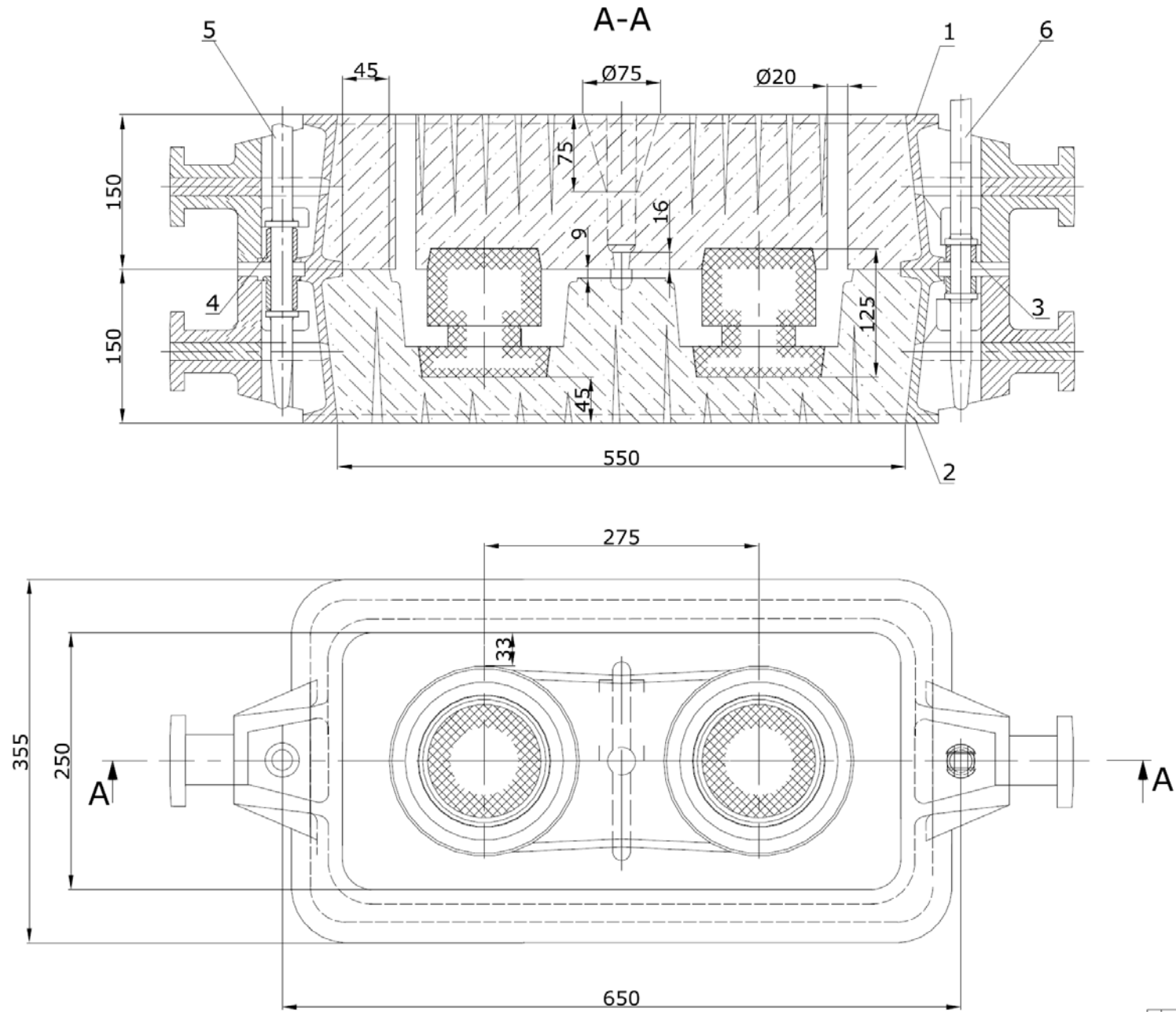
Б(2:1) повернуто



Виштовхувачі умовно не показано
Елементи кріплення до стрижневої машини та механізми ящику умовно не показано

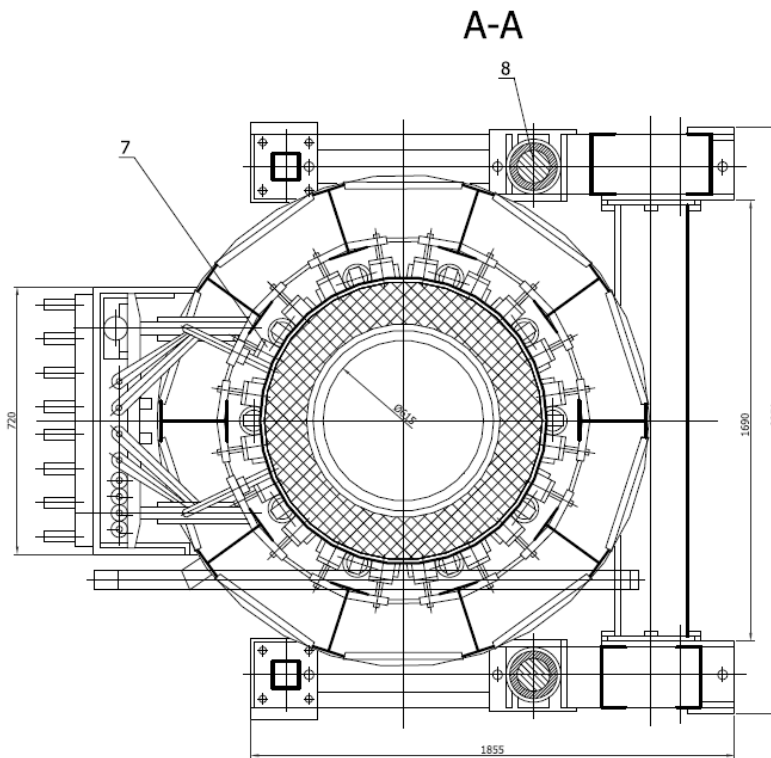
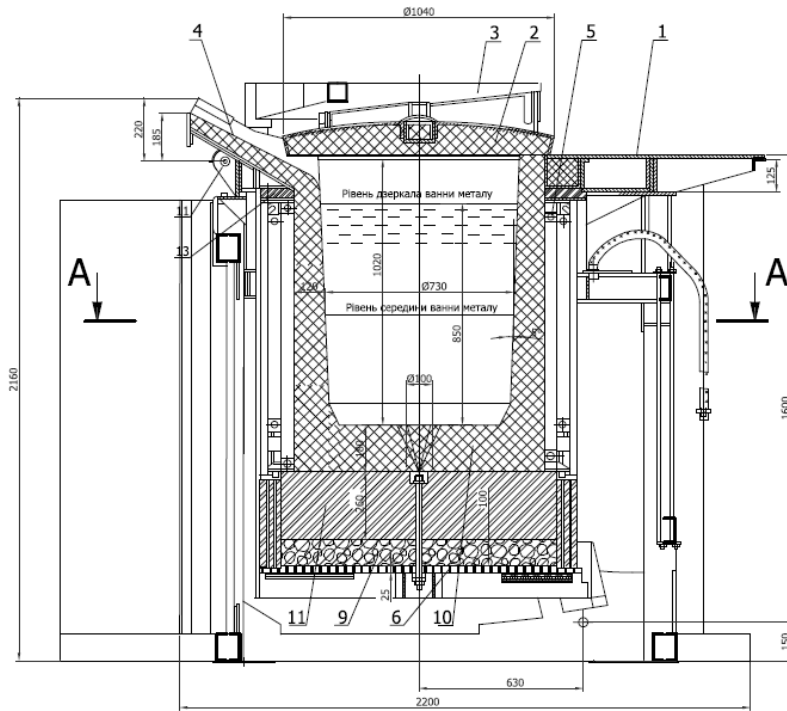
| | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-------------|--------|------|-----------------------|-------|----------|---------|
| Зм. | Арк. | № документа | Підпис | Дата | Стрижневий ящик | Лист | Маса | Масштаб |
| Розробив | Планувач | | | | | 1:1 | | |
| Перевірив | Затвердив | | | | | Аркуш | Аркуше 1 | |
| Т. Конст. | | | | | | КПІ | | |
| Затв. | | | | | Ім. Ігоря Сікорського | | | |
| Загальний вигляд | | | | | | | | |

ДОДАТОК Д



| | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|---------|------|------------------------------|------|----------|
| Зм. | Арх. | Відомості | Гіднос. | Дата | Лист | Маса | Масштаб |
| Розробив | Перевірив | Т. Колець | Зачекив | | | | 1:2 |
| Форма у складеному вигляді | | | | | Архіви | | Листів 1 |
| Загальний вигляд | | | | | КТП ім. Ігоря Сікорського | | |

ДОДАТОК Е



| | | | | |
|---|---------|-------------|--------|------|
| № | Арх. | № документа | Підпис | Дата |
| 1 | Поробин | Починаю | | |
| 2 | Парасюк | Починаю | | |
| 3 | Костр. | | | |
| 4 | Костр. | | | |

Піч тигельна
індукційна
ИЧТ-2,5

| | | | |
|-----------------------|------|---------|-------|
| Лист | Рис. | Масштаб | Місця |
| | | | 1:10 |
| Архив | | Архив 1 | |
| КПІ | | | |
| ім. Ігоря Сікорського | | | |

| Формат | Зона | Поз. | Позначення | Найменування | Кол. | Прим. |
|------------------------|------|---------|-----------------------|---|------------------------|---------|
| | | | | <u>Документація</u> | | |
| A4 | | | | Пояснювальна записка | | |
| A1 | | | | Складальне креслення | | |
| | | | | <u>Складальні одиниці</u> | | |
| | | 1 | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Корпус лівий | 1 | |
| | | 2 | | Корпус правий | 1 | |
| | | 3 | | Плита броньована | 2 | |
| | | | | <u>Стандартні вироби</u> | 1 | |
| | | 4 | | Вента видувна 16*8 | 32 | |
| | | 5 | | Вента вдувна 17*9 | 32 | |
| | | 6 | | Гвинт ВМ6- 6gx15.45Н.40Х.05 ГОСТ 17475-80. | 8 | |
| | | 7 | | Гвинт ВМ6- 6gx22.45Н.40Х.05 ГОСТ 17475-80 | 4 | |
| | | 8 | | Болт 3М16x1,25ЛН- 6gx65.58.С.019 ГОСТ 7798-70 | 2 | |
| | | 9 | | Гайка 2М16x1ЛН-6Н.32.079 ГОСТ 5927-70 | 2 | |
| | | 10 | | Шайба 2.16x0,5.01.08кп.099 ГОСТ 13463-77 | 2 | |
| | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Розробив | Лис | № докум | Підпис | Дата | Літ | Аркуш |
| Перевірив | | | | | | Аркушів |
| Т.контр. | | | | | | 1 |
| Н.контр. | | | | | | 202 |
| Затв. | | | | | | |
| Стрижневий ящик | | | | | КПІ ім. І. Сікорського | |

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник по чугунному литью./Под ред. д-ра техн. наук Н. Г. Гиршовича.—3-е изд., перераб. и доп.—Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978.— 758 с,ил.;
2. 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. – 258 с.
3. *Аксенов П.Н.* Оборудование литейных цехов / П.Н. Аксенов. М. : Машиностроение, 1977.
4. Справочник по литейной оснастке, Чернов Ю.И., Кизилов А.И., 1961;
5. Кукуй, Д. М. Теория и технология литейного производства : в 2 ч. / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, Н. В. Андрианов. – М. :ИНФРА-М, 2011. – Ч. 2 : Технология изготовления отливок в разовых формах. – 2011. – 405 с
6. Справочник молодого литейщика. – 3-е изд., перераб. и дополн. М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.
7. Егоров А.В. Расчет мощности и параметров электропечей черной металлургии. [Текст]/А.В. Егоров - М.: Металлургия, 1990. - 280с.
8. Вайнберг М.А. Индукционные плавильные печи [Текст]: учеб. Для вузов /М.А Вайнберг – М. : Энергия, 1967. – 416 с.
9. Благонравов Б.П. Печи в литейном производстве. [Текст]: Атлас /Б.П. Благонравов, В.А. Грачев, Ю.С. Сухарчук и др. - М.: Машиностроение, 1989 г.

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|----------|--------|------|--|------|--------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Перелік посилань КПІ ім. Ігоря Сікорського | | |
| Розроб. | Панченко | | | | | | |
| Перевір. | Іванченко | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | |
| | | | | | Літ. | Арк. | Аркуші |
| | | | | | | 208 | 209 |

10. Справочник машиностроителя [Текст] : в 6-ти т. Под научн. ред. Н. С. Ачеркан ; науч. ред. С. А. Чернавский. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Машгиз, 1962. - 448 с.

11. Технологическое оборудование литейных цехов / Ю. И. Категоренко, М. В. Ведерников, В. В. Сапронов. – Екатеринбург, РГППУ, 2018. – 454с.

12. Методичні вказівки до розрахунку дипломного проекту / Нараєвський С.В. – НТУУ «КПІ», 2017. – 12 с.

13. Розділ з охорони праці в дипломних проектах: Навчальний посібник / Левченко О. Г., Демчук Г.В. – Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 17с.

14. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

15. ДБН В.1.2-10:2021.

16. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ФЛ01.0107.1110.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 209 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



метадані

Заголовок

Панченко

Науковий керівник / Експерт

Автор

Іванченко Д.В.

підрозділ

ІМЗ, К-ра ливарного виробництва

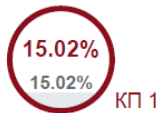
Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

| | | |
|------------------------|--|-----|
| Заміна букв | | 706 |
| Інтервали | | 0 |
| Мікропробіли | | 178 |
| Білі знаки | | 104 |
| Парафрази (SmartMarks) | | 286 |

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

**10**

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

30018

Кількість слів

214869

Кількість символів

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копір тексту

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ) | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) | |
|---------------------|---|---|--------|
| 1 | https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/55455/1/Yarema_bakalavr.pdf | 73 | 0.24 % |
| 2 | https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/52275/1/Lopushanska_bakalavr.pdf | 62 | 0.21 % |
| 3 | https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/55455/1/Yarema_bakalavr.pdf | 61 | 0.20 % |
| 4 | https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/04/fedorov-gye-proektuvannya-lyvarnyh-czhiv-chasty-na-1.pdf | 53 | 0.18 % |
| 5 | https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/55428/1/Bukhalo_bakalavr.pdf | 51 | 0.17 % |
| 6 | https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/55428/1/Bukhalo_bakalavr.pdf | 50 | 0.17 % |