

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Електromеталургії
імені акад. М. І. Гасика»

В авторській редакції

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ
ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЙНИХ ЦЕХІВ**

Методичні рекомендації та контрольні завдання
до проведення практичних занять
і виконання курсового проєкту

Електронне видання



ДНІПРО

2026

УДК 669.18:658.512(07)

Т 38

Упорядники:

Ю. С. Пройдак, В. А. Гладких, А. В. Рубан, А. Ю. Пройдак

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми
G10 «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів»
Протокол № 3 від 31.03.2026 р.

Т 38 Технологічне проектування електрометалургійних цехів : методичні рекомендації та контрольні завдання до проведення практичних занять і виконання курсового проєкту / упоряд. Ю. С. Пройдак, В. А. Гладких, А. В. Рубан, А. Ю. Пройдак ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2026. – 46 с.

Методичні рекомендації розроблені у відповідності до освітньо-професійної програми «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю G10 - «Металургія» для студентів груп «Електрометалургія сталі і феросплавів».

Призначені для використання студентами груп денної та безвідривної форм навчання.

Іл. 3. Табл. 25. Посилань: 6 назв.

Відповідальний за випуск А. В. Рубан, канд. техн. наук, доц.

© Пройдак Ю. С. та ін., упорядкування, 2026

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2026

З М І С Т

	Стор.
ВСТУП	4
1. МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	5
2. ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	6
2.1. Розрахунково-пояснювальна записка	6
2.2. Графічна частина курсового проєкту	7
2.3. Зміст окремих розділів розрахунково-пояснювальної записки	8
2.3.1. Реферат	8
2.3.2. Вступ	8
2.3.3. Вихідні дані	8
2.3.4. Вибір та обґрунтування технології виплавки, позапічної обробки та розливки сталі	8
2.3.5. Розрахунок балансу металошихти по заводу	9
2.3.6. Розробка схеми вантажопотоків вихідних матеріалів і продуктів плавки	9
2.3.7. Обґрунтування вибору та розрахунок кількості устаткування електропічного відділення	9
2.3.8. Визначення параметрів та об'ємно-планувальні рішення відділення	10
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	12
ДОДАТОК А Вихідні дані до курсового проєкту	13
ДОДАТОК Б Розрахунок балансу металошихти по ЕСПЦ в умовах електрометалургійного заводу	19
ДОДАТОК В Приблизна схема розподілу вантажопотоків вихідних матеріалів і продуктів плавки, яка забезпечує безперебійну роботу дугової печі ДСП-100	25
ДОДАТОК Г Приблизний розрахунок устаткування відділення електроплавки та позапічної обробки сталі	27
ДОДАТОК Д Приблизні об'ємно-планувальні рішення відділення	34
ДОДАТОК Е Норми технологічного проектування та техніко- економічні показники роботи електросталеплавильних цехів	39
ДОДАТОК Ж Форма титульного аркуша пояснювальної записки до курсового проєкту	45

ВСТУП

Якість і ефективність проектних рішень щодо будівництва нових, реконструкції та технічного переоснащення діючих заводів є найважливішим фактором підвищення технічного рівня об'єктів чорної металургії та розв'язання задач поліпшення якості металопродукції як конструкційного матеріалу при ефективності капіталовкладень.

Подальше вдосконалення проектно-кошторисної справи та підвищення ролі експертизи та авторського нагляду у будівництві передбачено використання при проектуванні високоефективної маловідходної та ресурсозберігаючої технології, комплексної автоматизації та механізації процесів і агрегатів. У проектах заборонено застосовувати технологічні процеси та устаткування, яке не відповідає новітнім досягненням науки та техніки.

Фахівці-проектувальники повинні відігравати роль прискорювачів науково-технічного прогресу в усіх галузях промисловості, що в свою чергу потребує знання проектно-кошторисної справи, об'ємів розроблюваної технічної документації на різних стадіях проектування, скорочення термінів розробки проектів із одночасним підвищенням їх якості на підставі багатоваріантного та конкурсного проектування.

Одним із головних етапів становлення фахівців у вищій школі є курсове проектування, яке належить до підготовчої стадії, що передує дипломному проектуванню та має за мету систематизацію, закріплення та розширення теоретичних знань і практичного досвіду, поглиблену проробку одного з розділів спеціальних дисциплін у відповідності до теми проекту.

Методичні вказівки спрямовані на надання допомоги студентам-електрометалургам у розумінні мети, задачі та організації виконання курсового проекту. В загальному вигляді тема курсового проекту може бути сформульована таким чином: "Розрахунок балансу металу по електросталеплавильному комплексу та основні об'ємно-планувальні рішення відділення виплавки та позапічної обробки сталі в ЕСПЦ продуктивністю 500...10000 тис. т сталі на рік". Методичні вказівки можуть бути використані також при виконанні дипломного проекту.

1. МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Основною *метою* курсового проєкту є розширення та поглиблення знань, набуття практичних знань з проєктування нових і реконструкції діючих електрометалургійних цехів (відділень), прищеплення студентам навичок у виконанні технологічних розрахунків і застосуванні їх результатів при проєктуванні (реконструкції) об'єктів, а також підготовка студентів до виконання дипломних проєктів і самостійної інженерної діяльності.

Основною *задачею* курсового проєкту є розвиток інженерного мислення студента, спрямованого на пошук найкращих технологічних і конструктивних рішень, дотримання послідовності у складанні технологічної схеми та основних принципів проєктування електрометалургійних об'єктів, які обумовлюють безперервність процесів, компактність розміщення устаткування та послідовність технологічних операцій (виплавка сталі, безперервна розливка і т.д.) і забезпечують автоматизацію та механізацію виробництва, уніфікацію основних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень.

У результаті виконання курсової роботи студенти повинні:

- *знати* склад розроблюваного (проєктованого) ЕСПЦ, методи обґрунтування вибору технології виплавки, позапічної обробки та особливості розливки різних марок сталей, схему їх подальшої переробки на заводі до кінцевої продукції, норми втрат металу на різних етапах переробки, перелік необхідного основного устаткування, його призначення, функціональні можливості та різні варіанти розміщення в цеху, основні планувальні параметри, заходи, які забезпечують охорону навколишнього середовища та безпечні умови праці;

- *вміти* вибрати ефективну технологію виплавки, позапічної обробки та розливки різних марок сталей, необхідне устаткування для її реалізації; розраховувати витратні коефіцієнти та вихід придатного по всіх етапах переробки, баланс металошихти по заводу; визначати необхідну кількість металошихти для виконання заданої програми, в тому числі кількість покупного на стороні металобрухту; вибрати, розраховувати кількість і компактно розташовувати основне технологічне устаткування в цеху; забезпечувати створення раціональних вантажопотоків; визначати основні планувальні параметри розроблюваного цеху (відділення), реалізовувати виконані розрахунки та рекомендації у вигляді графічного матеріалу, широко використовувати вітчизняну та зарубіжну інформацію для розробки планувальних параметрів; виділяти перспективні напрями з утилізації відходів,

захисту навколишнього середовища та охорони праці, основні положення норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), робити вірні узагальнення та висновки; навчитися правильно складати та оформляти розрахунково-пояснювальну записку та графічну частину курсового проєкту з використанням основних положень ЄСКД.

Курсовий проєкт включає розрахунок витратних коефіцієнтів і виходу придатного по кожній переробці та по заводу в цілому, загальної кількості власних оборотних відходів, які використовуються у виробництві, кількість необхідного покупного металобрухту, вибір, обґрунтування та розрахунок кількості основного та допоміжного технологічного устаткування в цеху (відділенні), розрахунок планувальних параметрів цеху (відділення). Курсовий проєкт включає пояснювальну записку та креслення (формат А4).

Вихідні дані для курсового проєкту студент отримує у викладача, який викладає дисципліну, у вигляді певного варіанта (додаток А).

Виконаний курсовий проєкт у складі пояснювальної записки та креслень студент здає викладачу на перевірку, а потім захищає на кафедрі в комісії, яка оцінює роботу.

2. ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Теми курсового проєкту погоджуються зі спеціалізацією підприємств, місцями майбутньої роботи студентів, конкретизуються з урахуванням сучасного стану та задач, які вирішуються цими підприємствами, проєктами їх реконструкції або технічного переозброєння. При цьому тема проєкту, його зміст, об'єм і глибина проробок мають враховувати час, відведений на проєктування, рівень підготовки студента, можливість прояву інженерної самостійності та ініціативи при рішенні технологічних і практичних задач електросталеплавильного виробництва, мають ґрунтуватися на реальному матеріалі. Тематика курсових проєктів обговорюється та уточнюється на засіданні кафедри. У завданні зазначається календарний план виконання проєкту за розділами, термін надання завершеного проєкту до захисту. Завдання підписується керівником проєкту та студентом.

2.1. Розрахунково-пояснювальна записка

Перелік і об'єм розділів (частин) розрахунково-пояснювальної записки курсового проєкту наведені в табл. 2.1.

Текст та оформлення розрахунково-пояснювальної записки виконують у відповідності до положень ДСТУ 3008-2015 “Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання” [1]. Записку друкують на одному боці

аркуша білого паперу формату А4 (210 × 297 мм), шрифтом Timer New Roman чорного кольору прямого накреслення, кеглем 14, через інтервал 1,3. Не допускається наклеювання на аркуші фотографій, схем та інших ілюстрацій, вирізаних із книг (журналів).

Таблиця 2.1 – Перелік і об’єм обов’язкових розділів (частин)
розрахунково-пояснювальної записки

№ з/п	Розділ (частина)	Приблизний об’єм, стор.
1	Титульний аркуш	1
2	Завдання	1
3	Зміст	1
4	Реферат	1
5	Вступ	1
6	Вихідні дані	2-3
7	Вибір і обґрунтування технології плавки, позапічної обробки та розливки сталі	3-5
8	Розрахунок балансу металошихти по заводу	6-8
9	Розробка схеми вантажопотоків вихідних матеріалів і продуктів плавки	2-3
10	Обґрунтування та розрахунок кількості устаткування відділень цеху	9-12
11	Визначення параметрів і об’ємно-планувальних рішень цеху (відділення)	5-8
12	Висновки	1
13	Література	1
14	Додатки	1-3
15	Загальний об’єм записки	35-45

2.2. Графічна частина курсового проєкту

Об’єм і зміст графічної частини визначаються завданням на курсовий проєкт і включають технологічну схему переробки сталі до готового продукту на заводі та план розташування основного устаткування в пічному відділенні електросталеплавильного цеху. Графічна частина курсового проєкту виконується та оформлюється в повній відповідності з нормами та вимогами, які висуваються до технічних проєктів і документів.

2.3. Зміст окремих розділів розрахунково-пояснювальної записки

Перші 5 частин записки не нумерують (див. табл. 2.1), в тому числі реферат, зміст і вступ.

2.3.1. Реферат

У рефераті подають стислий опис змісту основних розділів записки, який надає можливість оцінити основну ідею та результати проекту. Реферат має містити:

- відомості про обсяг записки (кількість сторінок тексту, таблиць, рисунків, додатків, джерел інформації);
- перелік ключових слів (5-15 слів/словосполучень), які відображають суть проекту;
- стислий опис тексту записки, із зазначенням задач і основних результатів, отриманих при виконанні проекту.

Реферат подають на одній сторінці формату А4. Приклад складання реферату наведено в ДСТУ 3008-2015.

2.3.2. Вступ

У вступі зазвичай зазначають загальні задачі, що стоять перед вітчизняною металургією з урахуванням досягнень світової електросталеплавильної промисловості, перспективи прискорення науково-технічного прогресу в електromеталургійному виробництві. Обґрунтовується доцільність виконання проекту у взаємозв'язку з загальною стратегією галузі, перелічуються питання, які необхідно вирішити в проєкті.

2.3.3. Вихідні дані

У вихідних даних згідно із завданням (додаток А) вказують: річну програму цеху (відділення), групи марок сталей з розшифровкою, схему подальшої переробки кожної групи марок сталей, норми втрат металу на кожній переробці.

2.3.4. Вибір і обґрунтування технології виплавки, позапічної обробки та розливки сталі

Планувальні рішення ЕСПЦ у першу чергу визначаються заданим сортаментом сталей, вибраною технологією їх виробництва, розрахунком кількості та місткістю електропічного устаткування. В цьому розділі може бути рекомендована наступна послідовність викладання матеріалу:

- класифікація сталей за групами та призначенням кожної групи марок сталей;
- річний об'єм виробництва за групами та в цілому по цеху;

- вибір технології виплавки сталі – метод переплаву, на свіжій шихті, одно- або двошлаковий процес для найбільш масової марки сталі;
- вибір технології позапічної обробки – продувка інертними газами, навуглецювання, вакуумування, розкиснення, легування, обробка шлаками, продувка порошками, електропідігрів для найбільш масової марки сталі;
- вибір схеми забезпечення та завантаження печі шихтовими матеріалами;
- вибір схеми випуску сталі – у ківш, який підвішений на гаку крана, або в ківш, який встановлений на сталевозі;
- вибір технології розливки сталі – у виливницю (зверху, сифоном), на МБЛЗ;
- вибір схеми вивезення шлаку;
- висновок по відділенню в цілому.

2.3.5. Розрахунок балансу металошихти по заводу

Проведення розрахунку дозволить визначити загальну кількість металобрухту, необхідного для виконання заданої програми цеху, а також частку покупного брухту.

Цей розділ розробляється в наступній послідовності:

- схематичне зображення послідовності переробки металу на заводі;
- розрахунок балансу металу, витратних коефіцієнтів і виходу придатного по кожній переробці згідно зі схемою;
- зведений баланс оборотних відходів, розрахунок кількості покупного брухту, наскрізних коефіцієнтів по заводу.

2.3.6. Розробка схеми вантажопотоків вихідних матеріалів і продуктів плавки

Схема вантажопотоків, розміщення основного та допоміжного устаткування та архітектурно-будівельні рішення будівель ЕСПЦ визначають основні об'ємно-планувальні рішення, які забезпечують безперебійну та ефективну роботу.

Студент приймає схему забезпечення плавильних печей металошихтою, сипкими матеріалами, порошками та феросплавами, а також намічає ймовірні способи евакуації з електропічного відділення металу та шлаку.

2.3.7. Обґрунтування вибору та розрахунок кількості устаткування електропічного відділення

Тип устаткування, його кількість визначаються вибраною технологією виплавки, позапічної обробки та розливки сталі, а також схемою вантажопотоків у цеху.

Рекомендується наступний порядок розробки цього розділу:

- обґрунтування, вибір електропічних агрегатів і розрахунок їх кількості;
- розрахунок завантажувальних кранів и мульдозавалочних машин;
- розрахунок кількості засобів, для сушіння та розігріву сталерозливних і проміжних ковшів;
- розрахунок кількості обладнання позапічної обробки;
- розрахунок кількості розливних кранів;
- розрахунок кількості автоскrapовозів, сталерозливних ковшів, сталевозів, шлакових ковшів і шлаковозів;
- розрахунок кількості МБЛЗ;
- розрахунок кількості виливниць і розливних візків.

2.3.8. Визначення параметрів і об'ємно-планувальні рішення відділення

При визначенні параметрів відділення виплавки та позапічної обробки сталі зазвичай керуються нормами технологічного проектування (НТП), існуючими проектами передових вітчизняних і зарубіжних ЕСПЦ, вибраною технологією плавки, позапічної обробки та розливки сталі, схемами організації ремонтів основного та допоміжного устаткування та іншими факторами.

До основних параметрів цеху належать довжина, ширина та висота. Крім того, обов'язковим є визначення параметрів прольотів, що складають цех. За об'ємно-планувальними рішеннями всі діючі та такі, що будуються, ЕСПЦ можна розділити на два типи – трипрольотні будівлі цехів (при розливці сталі у зливки) та багатопрольотні будівлі цехів (при розливці сталі на МБЛЗ). Трипрольотні будівлі включають: шихтовий, пічний та розливний прольоти. У сучасних багатопрольотних ЕСПЦ зазвичай шихтовий проліт відсутній і до складу цеху входять: пічний, бункерний, розподільчий або роздавальний, розливний, проліт устаткування МБЛЗ, термічний, проліт видачі заготовок, проліт відвантаження заготовок.

Для уніфікації розмірів при проектуванні користуються умовною одиницею – модуль, яка застосовується для координації розмірів будівлі, її елементів і деталей. Прийнято єдиний модуль, який дорівнює 100 мм.

Довжина будівлі зазвичай визначається кроком колон з модулем 3 м. Крок колон – це відстань між двома сусідніми колонами уздовж поздовжньої осі будівлі. По зовнішніх рядах приймається 6 м (для цехів старої конструкції з малими печами) та 12 м (практично для всіх сучасних ЕСПЦ) і по внутрішніх рядах (зважаючи на спеціальні технологічні потреби) приймають – 9, 12, 18, 21, 24, 27, 30, 36 м (тобто кратний 3 м). З цим кроком колон виконані всі сучасні цехи.

При розрахунку та обґрунтуванні ширини відділення керуються, насамперед, розмірами плавильного агрегату та устаткування, яке забезпечує виконання необхідних технологічних і ремонтних операцій, що здійснюються за шириною та довжиною прольоту.

Ширина прольоту має забезпечити розміщення основного плавильного агрегату, другого кожуха печі (при ремонті), в'їзд і маневр скраповозу з завантажувальною корзиною, роботу мульдозавалочної машини (при коригувальних додачах), заправної машини та інших агрегатів, розташування пульта керування, пішохідної зони. Ширина прольоту вибирається з НТП або згідно з рекомендаціями (додаток Е).

Довжину цеху визначають виходячи з необхідності розміщення плавильних агрегатів з трансформаторними підстанціями, агрегатів комплексної обробки сталі (якщо необхідно), ділянки з ремонту склепінь (два місця) і ванн (1-2 місця) електропечей, пічного господарства для сушіння та розігріву ковшів; ділянки для згвинчування електродів, прорізу для подачі завантажувальної корзини, прорізів для подачі допоміжних матеріалів для забезпечення роботи та ремонту агрегатів, вантажного та пасажирського ліфтів, розміщення насосної акумуляторної станції, блока побутових приміщень, слюсарної та енергетичної майстерень.

Довжина та ширина цеху також визначаються наявністю установки для попереднього підігріву брухту; ділянки з ремонту кранового устаткування; приміщень для набору фурм для печі-ковша та ремонту шибєрних пристроїв; стендів для установки шибєрів, пористих пробок, скачування шлаку; установок для ламання футеровки сталерозливних ковшів.

Довжина цеху має бути кратною модулю кроку колон (3 м).

План розміщення устаткування в відділенні необхідно починати з розташування сітки колон, яка являє собою сукупність розміщення колон, що визначається розбивними осями. Потім розташувати основні плавильні агрегати, прив'язавши до них все необхідне устаткування. Кожний ряд поздовжніх колон уздовж осі будівлі, що розділяє цех на прольоти, позначається прописними літерами (знизу нагору на кресленні) – А₁, Б₁, В₁ і т.д.; всередині прольоту – від букви нагору – А_{1/1}; А_{1/2} і т.д.

Кожний ряд поперечних колон (крок колон) позначається цифрами зліва направо (1, 2, 3 і т.д.).

На плані указуються габаритні розміри будівлі цеху (відділення) та основні розміри, які визначають розміщення основних агрегатів, прив'язані до сітки колон.

Опис розміщення устаткування в цеху (відділенні) має проводитися в тісному взаємозв'язку з сіткою колон і по прольотах (додаток Е).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Чинний від 2017-07-01. Вид. офіц. Київ, ДП “УкрНДНЦ”, 2016. 26 с.
2. Гасик М. І., Лякішев М. П., Гасик М. М. Фізикохімія і технологія електроферосплавів : підручник для вищих навчальних закладів. Дніпропетровськ: ДНВП “Системні технології, 2009. 494 с.
3. Проектування і обладнання електросталеплавильних і феросплавних цехів: підручник / В. А. Гладких, М. І. Гасик, А. М. Овчарук, Ю. С. Пройдак. Дніпропетровськ: Системні технології, 2004. 692 с.
4. Основи проектування електрометалургійних цехів: навч. посіб. / В. А. Гладких, М.І. Гасик, А.М. Овчарук, Ю.С. Пройдак. Дніпропетровськ: Системні технології, 2003. 144 с.
5. Механічне устаткування металургійних заводів. Механічне устаткування електросталеплавильних і феросплавних цехів: підручник / Керів. авт. кол. В. М. Гребеник. Київ: Вища школа. Головне вид-во, 1980. 256 с.
6. Теоретичні основи і технологія електросталі і феросплавів: підручник для студентів закладів вищої освіти / Гасик М. І., Пройдак Ю. С., Гладких В. А., Горобець А. П., Головачов А. М., Дерев’янка І. В., Жаданос О. В., Рубан А. В., Пройдак А. Ю. / За ред. проф. Ю. С. Пройдака. Дніпро: ПБП “Економіка”, 2023. 280 с.

Додажок А

Вихідні дані до курсового проєкту

Таблиця А.1 – Варіанти контрольних завдань до курсового проєкту

№ варіанта	Сортамент і виробнича програма ЕСПЦ					№ груп марок сталі (табл. А.3)	Розподіл готового сорту, % віднос.							
	Річна виробнича програма цеху, тис. т	Вміст сталі по групах марок сталі, %					№ переробок за схемою (рис. А.1)							
		1	2	3	4		5	2	3	4	5	6	7	
1а	100					1	60	-	-	40	-	-	-	-
б	200	20	20	-	-	2	30	-	-	70	-	-	-	-
в	300					3	-	-	-	100	-	-	-	-
2а	200					2	90	-	-	-	-	10	-	-
б	300	-	65	15	20	3	-	-	-	-	-	100	-	-
в	400					4	20	-	-	-	-	80	-	-
3а	300					3	50	-	-	-	-	-	-	50
б	400	-	-	65	17	4	20	-	-	-	-	-	-	80
в	500					5	40	-	-	-	-	-	-	60
4а	400					1	-	-	20	-	-	80	-	-
б	500	40	-	40	-	3	-	-	-	-	-	100	-	-
в	600					5	-	-	60	-	-	40	-	-
5а	500					1	-	-	40	-	-	-	60	-
б	600	60	-	-	30	4	-	-	10	-	-	-	90	-
в	700					5	-	-	15	-	-	-	85	-
6а	600					2	-	-	-	-	-	-	-	100
б	700	-	60	-	30	4	-	-	25	-	-	-	-	75
в	800					5	-	-	50	-	-	-	-	50

Продовження табл. А.1

№ варіанта	Сортамент і виробнича програма ЄСПЦ					№ груп марок сталі (табл. А.3)	Розподіл готового сорту, % віднос.							
	Річна виробнича програма цеху, тис. т	Вміст сталі по групах марок сталі, %					№ переробок за схемою (рис.А.1)							
		1	2	3	4		5	2	3	4	5	6	7	
7а	700					1	-	-	30	70	-	-	-	-
б	600	60	30	-	10	-	-	-	-	100	-	-	-	-
в	500					4	-	-	40	60	-	-	-	-
8а	800					1	-	-	35	-	65	-	-	-
б	700	60	15	-	-	2	-	-	20	-	80	-	-	-
в	600					5	-	-	5	-	95	-	-	-
9а	1000					1	-	-	20	-	-	-	-	80
б	900	60	-	20	20	3	-	-	50	-	-	-	-	50
в	800					4	-	-	60	-	-	-	-	40
10а	1200					2	20	-	-	80	-	-	-	-
б	1100	-	20	50	-	3	40	-	-	60	-	-	-	-
в	1000					5	30	-	-	70	-	-	-	-
11а	350					1	-	-	25	-	75	-	-	-
б	450	25	-	-	50	4	-	-	60	-	40	-	-	-
в	550					5	-	-	30	-	70	-	-	-
12а	200					2	70	30	-	-	-	-	-	-
б	300	-	20	-	50	4	10	90	-	-	-	-	-	-
в	400					5	35	65	-	-	-	-	-	-
13а	300					1	20	-	80	-	-	-	-	-
б	400	25	50	-	25	2	90	-	10	-	-	-	-	-
в	500					4	40	-	60	-	-	-	-	-

Закінчення табл. А.1

№ варіанта	Сортамент і виробнича програма ЕСПЦ					№ груп марок сталі (табл. А.3)	Розподіл готового сорту, % віднос.													
	Річна виробнича програма, тис. т	Вміст сталі по групах марок сталі, %					№ переробок за схемою (рис. А.1)													
		1	2	3	4		5	2	3	4	5	6	7							
14а	400					1														
б	500	50	35	-	15	2														
в	600					5														
15а	500					1														
б	600	40	-	20	40	3														
в	700					4														
16а	600					2														
б	700	-	45	45	-	3														
в	800					5														
17а	700					1														
б	800	35	35	30	-	2														
в	900					3														
18а	800					2														
б	700	-	50	25	25	3														
в	600					4														
19а	1000					3														
б	900	-	-	50	40	4														
в	800					5														
20а	1200					1														
б	1100	50	-	35	-	3														
в	1000					5														

Таблиця А.2

Нормативи втрат металу

Цех, агрегат (рис. А.1)	Види втрат	Нормативи втрат (%) за номерами марки сталі				
		1	2	3	4	5
ЕСПЦ 1	Ливники	1,30	1,30	1,40	3,20	1,30
	Скрап, брак, недоливки	2,70	2,70	2,60	2,30	2,80
	Угар	7,45	5,05	6,45	11,40	5,36
	Втрати при зачистці	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Стан 950 2	Обрізь, брак (зливки)	20,0	21,0	17,0	16,5	19,5
	Обрізь, брак (заготовки)	11,0	12,0	10,0	10,0	11,0
	Угар (зливки)	2,0	2,0	2,0	1,5	2,5
	Угар (заготовки)	2,0	2,0	2,0	1,5	2,5
КПЦ 3	Обрізь, брак (зливки)	25,0	25,0	22,0	20,0	22,0
	Обрізь, брак (заготовки)	4,0	4,5	3,5	3,5	4,0
	Угар (зливки)	2,0	2,0	2,0	1,5	2,5
	Угар (заготовки)	2,0	2,0	2,0	2,0	
КЦ 4	Обрізь, брак (зливки)	27,0	27,0	23,0	21,0	24,0
	Обрізь, брак (заготовки)	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0
	Угар (зливки)	2,0	2,0	2,0	1,5	2,5
	Угар (заготовки)	2,0	2,0	2,0	1,5	2,5
Ст550 5	Обрізь, брак (прокат)	7,5	8,0	8,0	7,5	6,0
	Угар (прокат)	2,5	2,5	2,5	2,0	3,0
Ст350 6	Обрізь, брак (прокат)	7,5	8,0	8,0	7,5	6,0
	Угар (прокат)	3,0	3,0	3,0	2,5	3,5
Ст280 7	Обрізь, брак (прокат)	7,5	7,5	7,5	7,0	6,5
	Угар (прокат)	3,3	3,3	3,3	3,0	3,8
Цех ЕШП ВДП 8	Залишки електродів	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
	Стружка	4,0	4,0	3,5	4,5	3,0
	Угар	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5
	Втрати при зачистці	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Термічний цех 9	Обрізь, брак (прокат)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Угар (прокат)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Примітка: якщо переробка даної марки сталі на будь-якому агрегаті не передбачена, проставлення нормативів переробки є не обов'язковим.

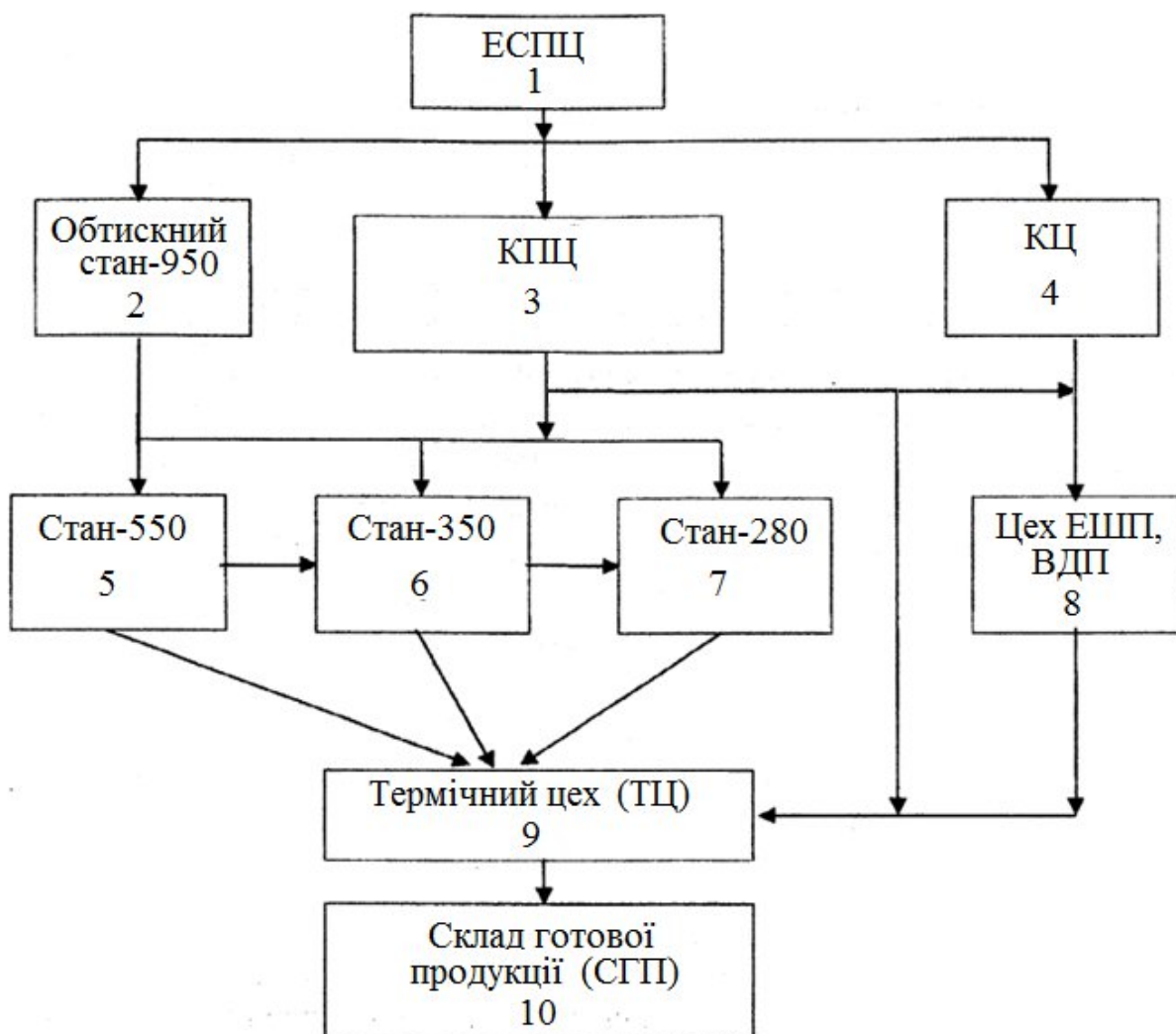
Таблиця А.3

Сортамент металу проектного ЕСПЦ

Номер групи марок	Найменування групи марок сталі	Марки сталі, які входять до кожної групи
1	Підшипникові	ШХ15, ШХ9, ШХ15СГ і ін.
2	Конструкційні високоякісні	30ХГСА, 18ХНВА, 20ХНМВА та ін.
3	Конструкційні малолеговані	40Х, 55Г2 і ін.
4	Нержавіючі хромонікелеві	08-12Х18Н9Т, 10Х17Н13М2Т і ін.
5	Вуглецеві	У7-У12А

У середині кожного варіанта (1, 2 і т.д.) припускається виробництво одних і тих самих марок сталей за ідентичною технологічною схемою переробки в готовий сорт; завдання (а, б, в) відрізняються між собою лише продуктивністю. Варіанти (1, 2 і т.д.) передбачають зміну груп марок сталей та технологічної схеми подальшої переробки зливок до готового сорту. До розробки пропонується лінійна схема переробки, згідно з якою цифри, що стоять у колонках 10-16, позначають кількість (у % відн.) певної марки сталі, яку передають безпосередньо до цеху термічної обробки та на склад готової продукції після відповідної переробки. Припускається, що всі види готового сорту (поковка, заготовка) піддаються термічній обробці.

У табл. А.2 наведені нормативи втрат за видами. При складанні балансу металу по заводу необхідно ці втрати розділити на поворотні та безповоротні. Сучасний технічний рівень дозволяє забезпечити переробку всіх технологічних відходів, однак ступінь праце- та енерговитрат при цьому різко розрізняються. Умовно до поворотних втрат (або оборотних відходів) можна віднести чисті металеві відходи (ливники, скрап, брак, недоливки, обрізь), які можуть бути безпосередньо повернені до плавильного агрегату. Безповоротні втрати (угар, втрати при зачистці) потребують для своєї переробки створення додаткової спеціальної технологічної схеми. Крім того, сумарні втрати залежать від виду вихідного продукту, який задають на переробку (зливки, прокат, заготовки ЕСПЦ або МБЛЗ), що має бути враховано при складанні балансу металу по заводу.



- 1 – електросталеплавильний цех (ділянка); 2 – обтискний стан – 950;
 3 – ковальсько-пресовий цех (КПЦ); 4 – ковальський цех (КЦ);
 5 – середньосортний стан – 550; 6 – дрібносортний стан – 350;
 7 – дрібносортний стан – 280; 8 – цех спецеелектрометалургії (ЕШП, ВДП);
 9 – термічний цех (ТЦ); 10 – склад готової продукції (СГП)

Рис. А.1. Типова схема переробки металу,
 який виплавляється в запроєктованому ЕСПЦ

Додаток Б

Розрахунок балансу металошихти по ЕСПЦ в умовах електрометалургійного заводу

Б.1. Загальні положення

Типова схема переробки металу на сучасному електрометалургійному заводі передбачає виплавку сталі в дугових електропечах з розливкою металу в зливки або на МБЛЗ, передачу заготовок на обтискний (до ковальського або ковальсько-пресового цеху) або сортові стани, далі – на термообробку та на склад готової продукції (див. рис. А.1). На практиці схема переробки металу може змінюватися в залежності від сортаменту сталі та наявного замовлення на сортовий прокат. У цьому розрахунку схема переробки металу на заводі прийнята єдиною для всіх трьох груп марок сталей, вказаних індивідуально для кожного варіанта контрольного завдання (табл. А.1).

Для кожної групи марок сталі розраховується витратний коефіцієнт K_i (у частках) і вихід придатного h_i (у %):

$$K_i = \frac{100 + SB_i}{100} = \frac{M_{zi}}{M_{ni}}, \text{ т/т};$$

$$h_i = \frac{M_{ni}}{M_{zi}} \times 100, \%; \quad M_{ni} = M_{zi} - M_{vi}, \text{ т};$$

$$M_{vi} = M_{zi} \times SB_i, \text{ т}; \quad SB_i = B_1 + B_2 + \dots + B_x, \%;$$

де M_{zi} – маса заданого на переробку металобрухту, т;

M_{ni} – маса придатного металу, отриманого після кожної переробки, т;

M_{vi} – маса втрат металу на будь-якій стадії переробки, т;

SB_i – загальні втрати металу на i -тій переробці, %;

B_i – втрати металу за видами (брак, угар, ливники тощо), %.

Розподіл готового сорту по переробках (табл. А.1) показує, скільки металу (у %) з кожної переробки поступає безпосередньо на термічну обробку, далі – на склад готової продукції, а скільки передається на подальшу переробку.

За вихідними даними складається схема переробки для кожного варіанта із зазначенням розподілу металу по переробках у відсотках.

Нижче наведено приблизний розрахунок.

Б.2. Приблизний розрахунок балансу металу по ЕСПЦ в умовах електрометалургійного заводу

Таблиця Б.1

Вихідні дані

Сортамент і річна програма ЕСПЦ					Схема переробки металу на заводі (рис.А.1)	№ групи сталі (табл. А.3)	Розподіл готового сорту, % віднос.							
Річна виробнича програма цеху, тис. т	№ групи сталі						№ переробок за схемою							
	1	2	3	4			5	2	3	4	5	6	7	8
200						1	60	–	–	40				
	120	40	40	–	–	1-2-5-9-10	2	30	–	–	70			
							3	–	–	–	100			

Таблиця Б.2

Сортамент металу ЕСПЦ

Номер і група марок сталі	Найменування групи марок сталей	Марки сталі, які входять до кожної групи
1	Підшипникові	ШХ15, ШХ15СГ, ШХ9
2	Конструкційні високоякісні	30ХГСА, 18ХНВА, 20ХНВА та ін.
3	Конструкційні леговані	40Х, 55Г2

Таблиця Б.3

Баланс металу в ЕСПЦ

№ груп марок сталі	Потрібно придатних зливків, т	Втрати металу						Усього оборотних відходів, т	Необхідно шихти, т
		угар і зачистка зливка		ливники		скрап, брак, недоливки			
		%	т	%	т	%	т		
1	120000	7,5	9000	1,3	1560	2,7	3240	4800	133800
2	40000	5,1	2040	1,3	520	2,7	1080	1600	43640
3	40000	6,5	2600	1,4	560	2,6	1040	1600	44200
Разом:	200000	13640			2640		5360	8000	221640

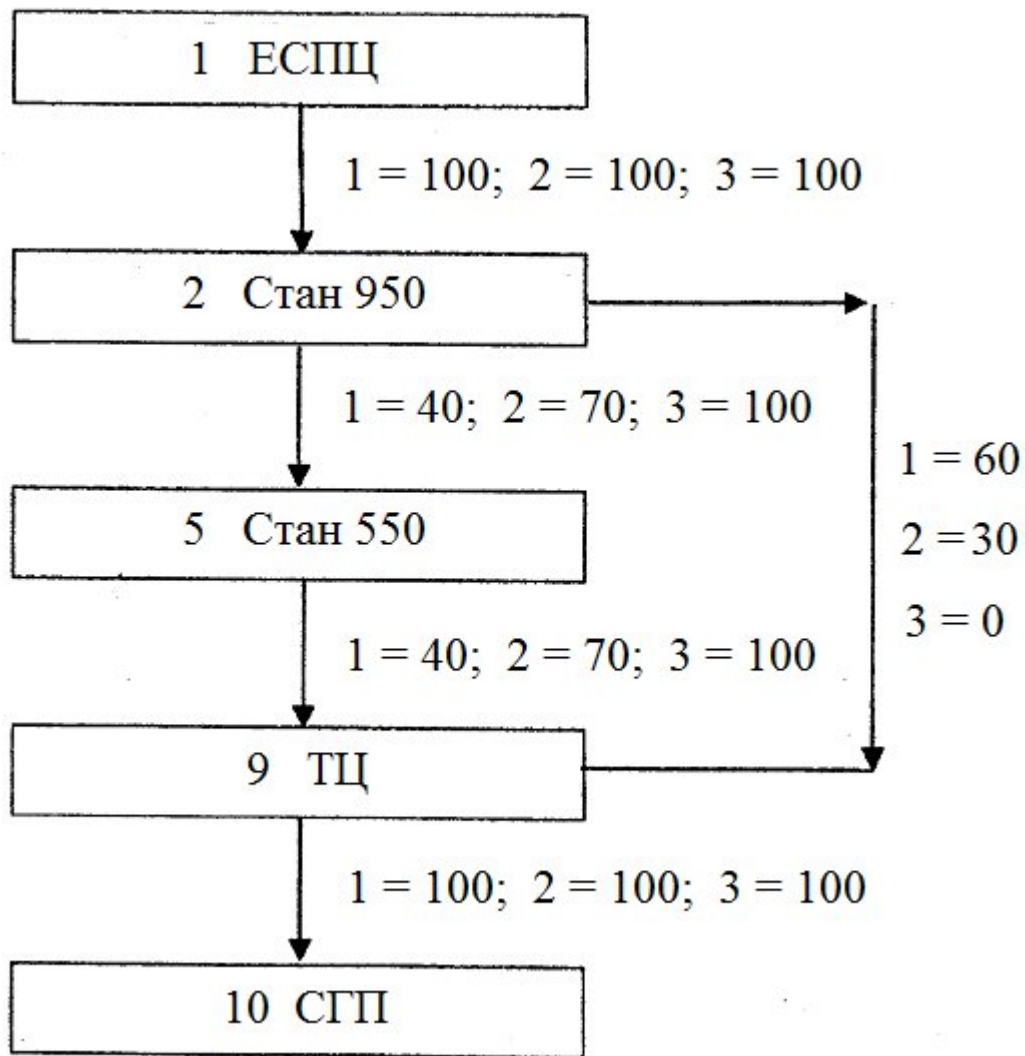


Рис. Б.1. Схема переробки металу на заводі

Розраховуємо витратний коефіцієнт по кожній групі марок сталей:

$$K_1 = \frac{M_{зад}}{M_n} = \frac{133800}{120000} = 1,115 \text{ т/т};$$

$$K_2 = \frac{43640}{40000} = 1,091 \text{ т/т};$$

$$K_3 = \frac{44200}{40000} = 1,105 \text{ т/т}.$$

Вихід придатного – показник, обернений до витратного коефіцієнта:

$$h_1 = \frac{120000}{133800} \times 100\% = 89,7\%;$$

$$h_2 = \frac{40000}{43640} \times 100\% = 91,7\%;$$

$$h_3 = \frac{40000}{44200} \times 100\% = 90,5\%.$$

У відповідності до заданої схеми метал повністю спрямовується з ЕСПЦ на обтискний стан 950.

Таблиця Б.4
Баланс металу по обтискному стану 950

№ групи марок сталі	Задано зливків	Втрати металу				Отримано придатних заготовок, т	Витратний коефіцієнт, т/т
		угар		обрізь, брак			
		%	т	%	т		
1	120000	2	2400	20	24000	93600	1,228
2	40000	2	800	21	8400	30800	1,299
3	40000	2	800	17	6840	32360	1,236
Разом:	200000		4000		39240	156760	

Розподіляємо метал за двома вантажопотоками та визначаємо кількість металу, який пішов на середньосортний стан 550 і до цеху ТО.

Таблиця Б.5
Розподіл металу по переробках

Номер групи марки сталі	Маса металу на стан 550, т	Маса металу на термообробку, т
1	$93600 \times 0,40 = 37440$	$93600 - 37440 = 56160$
2	$30800 \times 0,70 = 21560$	$30800 - 21560 = 9240$
3	$32360 \times 1,0 = 32360$	$32360 - 32360 = 0$
Разом:	91360	65400

Таблиця Б.6
Баланс металу на стані 550

№ групи марки сталі	Задано поковок до переробки	Втрати металу				Отримано придатних зливків, т	Витратний коефіцієнт, т/т
		угар		обрізь, брак			
		%	т	%	т		
1	37440	2,5	936	7,5	2808	33696	1,100
2	21560	2,5	539	8	1725	19296	1,105
3	32360	2,5	809	8	2589	28962	1,105
Разом:	91360		2284		7122	81954	

Таблиця Б.7

Баланс металу по ЦТО

№ групи марки сталі	Задано металу на ТО, т			Втрати металу				Отримано придатних виробів, т	Витратний коефіцієнт, т/т
	зі стана 950	зі стана 550	усього :	угар		обрізь, брак			
				%	т	%	т		
1	56160	33696	89856	1	899	1	899	86058	1,02
2	9240	19296	28536	1	285	1	285	27966	1,02
3	0	28962	28962	1	289	1	289	28384	1,02
Разом:	65400	81954	147354		1473		1473	144408	

Таблиця Б.8

Зведений баланс оборотних відходів по заводу

№ групи марки сталі	Потрібно/металу для ЕСПЦ, т	Поступає відходів (в т) із:				Усього оборотних відходів, т	Потрібно покупного брухту, т
		ЕСПЦ	стана 950	стана 550	ТО		
1	133800	4800	24000	2808	898	32506	101294
2	43640	1600	8400	1725	285	12010	31630
3	44200	1600	6840	2589	289	11318	32882
Разом:	221640	8000	39240	7122	1473	55835	165805

Таблиця Б.9

Зведений баланс металу по ЕСПЦ

№ з/п	Прихід			Витрата		Т	%		
1	Отримано оборотних відходів із:	т	%	1. Отримано придатних зливків		200000	90,2		
	ЕСПЦ	8000	3,6	2. Оборотні відходи				8000	3,6
	стана 950	39240	17,7	3. Незворотні втрати				13640	6,2
	стана 550	7122	3,2						
	ТО	1473	0,7						
	Усього:	55835	25,2						
2	Покупний брухт	165805	74,8						
	Разом:	221640	100	Разом:		221640	100		

Таблиця Б.10

Зведений баланс металу по заводу

№ з/п	Прихід	тис. т	%	Витрата	тис. т	%
1	Покупна металошихта	165805	74,8	1. Отримано готових виробів ($M_{з.в.}$):	144408	65,2
				зі стана 950	64092	28,94
				зі стана 550	80316	36,26
2	Оборотні відходи	55835	25,2	2. Оборотні відходи ($M_{о.в.}$)	55835	25,2
				3. Незворотні відходи ($M_{н.в.}$) із:	21397	9,6
				ЕСПЦ	13640	6,2
				стана 950	4000	1,8
				стана 550	2284	1,03
				ЦТО	1473	0,7
	Разом:	221640	100	Разом:	221640	100

1. Загальний вихід металу по заводу:

$$\frac{M_{з.в.}}{M_{брухту}} \times 100\% = \frac{144408}{221640} \times 100\% = 65,2\%.$$

2. Утворюється оборотних відходів:

$$\frac{M_{о.в.}}{M_{брухту}} \times 100\% = \frac{55835}{221640} \times 100\% = 25,2\%.$$

3. Утворюється незворотних втрат:

$$\frac{M_{н.в.}}{M_{брухту}} \times 100\% = \frac{21397}{221640} \times 100\% = 9,6\%.$$

Додаток В

Приблизна схема розподілу вантажопотоків вихідних матеріалів і продуктів плавки, яка забезпечує безперебійну роботу дугової печі ДСП-100

Різні варіанти забезпечення електропечей металошихтою, сипкими матеріалами та феросплавами, способи транспортування металу та шлаку наведені в підручнику [1]. У даному додатку розглянуто варіант забезпечення ефективної роботи цеху з печами типу ДСП-100.

В.1. Схема подачі металобрухту

Підготовка та завантаження скрапу до корзин, зважування шихти провадиться в окремо розташованому цеху підготовки скрапу.

Платформа з корзиною автоскраповозом вантажопідйомністю 150 т установлюється на підлогові ваги; проводиться загрузка корзини скрапом. Потому скраповіз транспортує платформу разом із завантаженою корзиною до електропічного прольоту ЕСПЦ і встановлює її на підлогу в зоні дії завантажувального крана, яким корзина подається до печі, розвантажується та повертається на платформу. Автоскраповіз під'їжджає під платформу, підіймає її та транспортує назад до цеху підготовки скрапу.

В.2. подача сипучих матеріалів, феросплавів і металізованих котунів

Кускові матеріали (фракції 10 – 50 мм), шлакоутворювачі та феросплави з відділення їх підготовки, розташованого в окремій будівлі, подаються до витратних бункерів ЕСПЦ конвеєрним транспортом.

Порошки коксу, розкиснювачів фракції менше 1 мм, застосовані для доводки сталі на АКОС, подаються до цеху автотранспортом у спеціальних пневмоконтейнерах; решта матеріалів на АКОС подаються так само, як і в дугову піч.

Заправні порошки (магнезит, доломіт) із відділення підготовки сипких матеріалів доставляються також автотранспортом у саморозвантажувальних контейнерах.

Керування доставкою матеріалів здійснює персонал цеху за допомогою телефонного та радіозв'язку; заповнення витратних бункерів робиться за допомогою автоматизованої системи “Шихта”.

При невеликих об'ємах виробництва (ДСП25 і менше) сипкі матеріали та феросплави подаються до цеху в контейнерах.

В.3. Транспортування металу та шлаку

Злив рідкого металу здійснюється через донний ексцентричний отвір у попередньо розігрітий ківш, який встановлено на сталевіз. Метал після випуску подається на установку АКОС для остаточної доводки та після взяття проби спрямовується розливним краном на поворотний стенд МБЛЗ. Заготовки подаються на термообробку, зачистку та далі на склад придатної продукції.

Основна частина шлаку зливається в шлаковий ківш, установлений стаціонарно під робочим вікном печі в пічному прольоті. Шлак, який попадає до сталеплавильного ковша із печі та утворюється при доводці, зливається в шлакові ковші, встановлені в роздавальному прольоті. Шлак з-під печі з роздавального прольоту вивозиться автошлаковозами до цеху шлакоперероблення.

Додаток Г

**Приблизний розрахунок устаткування
відділення електроплавки та позапічної обробки сталі**

Таблиця Г.1

Орієнтовна поопераційна тривалість плавки в печі місткістю 100 т

№ з/п	Операції	Тривалість плавки для складу шихти, хвил.	
		60 % брухту + + 40 % котуни	100 % брухту
1	Заправка	4	4
2	Завалка	5	5
3	Підвалка	–	5
4	Перепуск і заміна електродів	5	5
5	Плавлення під струмом	55	50
6	Окиснювальний період	20	20
7	Випуск	5	5
	Усього:	94	94

Таблиця Г.2

Вихідні дані для визначення річної продуктивності цеху

№ з/п	Найменування показника	Одиниця вимірювання	I-а черга	II-а черга
1	Кількість дугових печей	шт.	1	2
2	Кількість МБЛЗ	шт.	1	2
3	Режим роботи цеху	діб/рік	365	365
4	Тривалість ремонтів дугової печі, в тому числі:	доба	53	53
	– капітальний	доба	12	12
	– холодний	доба	9	9
	– профілактичний	доба	12	12
	– гарячий	доба	20	20
5	Тривалість роботи печі	доба	312	312
6	Тривалість роботи МБЛЗ	доба	304	304
7	Тривалість роботи цеху	доба	304	304
8	Тривалість плавки	хвил.	94	94
9	Тривалість зупинки печі на огляд і ремонт подини після серії плавок	хвил.	30	30
10	Кількість плавок у серії	шт.	15	15
11	Кількість розливок у серії за методом “плавка на плавку” на МБЛЗ	шт.	5	5
12	Тривалість підготовки МБЛЗ після кожної серії	хвил.	60	60

Г.1. Розрахунок річної продуктивності печі та визначення кількості печей

Річна продуктивність (можлива) печі визначається за формулою:

$$P_n = \frac{1440}{15 \times 94 + 30} \times 5 \times 100 \times 12 = 468 \text{ тис. т рідкого металу,}$$

де 1440 – кількість хвилин у добі;

94 – тривалість одної плавки, хвил.;

15 – кількість плавок в одному циклі;

30 – тривалість гарячих простоїв між циклами, хвил.;

100 – місткість печі номінальна, т;

312 – тривалість роботи печі на рік, діб.

Вилитої заготовки: $468 \times 0,97 = 454$ тис. т,

де 0,97 – коефіцієнт виходу придатного на МБЛЗ.

З урахуванням безперервної роботи МБЛЗ і розливки в серію 5 плавок продуктивність печі складатиме:

$$P_n = \frac{1440}{(15 \times 94 + 60)} \times 5 \times 100 \times 304 = 413 \text{ тис. т рідкого металу}$$

або вилитої заготовки:

$$413 \times 0,97 = 400,6 \text{ тис. т,}$$

де 60 – тривалість простоїв МБЛЗ між серіями, хвил.;

304 – тривалість роботи МБЛЗ та цеху на рік, діб.

Кількість печей ($n_{\text{п}}$) визначається річною програмою цеху $P_{\text{ц}}$ та продуктивністю печі ($P_{\text{п}}$):

$$n_{\text{п}} = \frac{P_{\text{ц}}}{P_{\text{п}}}.$$

При річній програмі 800 тис. т рідкої сталі необхідна кількість печей складатиме:

$$n_{\text{п}} = \frac{800}{413} = 1,94.$$

Приймаємо 2 печі місткістю 100 т. Тоді реальна продуктивність цеху на рік складатиме:

$$413 \times 2 = 826 \text{ тис. т.}$$

Г.2. Розрахунок кількості та завантаженість автоскrapовозів (при роботі дугової печі з використанням 100 % брухту)

Тривалість операцій автосcrapовоза з подачі одного завалочного кошика, хвил.:

– операції з заміни одного кошика в ЕСПЦ (установка повного взяття порожнього кошика) – 3;

– тривалість транспортування пустого кошика від ЕСПЦ до цеху підготовки scrapу – 6;

– операції з заміни одного кошика в цеху підготовки scrapу (установка пустого та взяття повного кошика) – 3;

– тривалість транспортування повного кошика від цеху підготовки scrapу до ЕСПЦ – 10.

Загальна тривалість, хвил. – 22.

При роботі на 100 % брукхту в завалку на кожену плавку необхідно 2 кошика та тривалість подачі брукхту на одну плавку складатиме:

$$22 \times 2 = 44 \text{ хвил.}$$

Завантаженість scrapовоза на одну плавку складатиме:

$$\frac{44 \times 1,2}{94} \times 100 = 55\%,$$

де 1,2 – коефіцієнт, який враховує непередбачені затримки та операції;

94 – тривалість плавки, хвил.

З урахуванням безперебійності постачання ЕСПЦ шихтою, ремонтів і технічного обслуговування приймаємо на 1 піч 2 scrapовози.

Г.3. Розрахунок кількості сталерозливних ковшів місткістю 130 т

Заборгованість сталерозливного ковша на плавку складається з наступних операцій, хвил.:

- очікування випуску металу – 8;
- випуск металу – 5;
- подача ковша на АКOC – 11;
- позапічна обробка сталі та підігрів – 35;
- подача ковша на розливу – 8;
- розливка сталі – 94;
- злив шлаку з розливного ковша – 8;
- видалення залишків металу, scrapин, ремонт ковша (зняття шибєрного затвора, очистка ковша, дрібний ремонт футерівки) – 20;
- установка шибєрного затвора, пористої пробки – 20;
- сушка та розігрів ковша (включаючи операції

з транспортування)	– 54;
– невраховані роботи	– 18;
Разом:	– 280.

Кількість оборотів одного ковша на добу:

$$\frac{1440}{280} = 5 \text{ оборотів,}$$

при 13,6 плавок на добу необхідно мати в роботі:

$$\frac{13,6}{5} = 2,7, \text{ приймаємо 3 ковша.}$$

Кількість ковшів, які вибувають за добу на ремонт при стійкості футерівки 15 плавок:

$$\frac{13,6}{15} = 0,9, \text{ приймаємо 1 ківш.}$$

Необхідна кількість ковшів: $3 + 1 = 4$.

Враховуючи, що в ремонті (великому) знаходиться 1 ківш і 1 ківш резервний, отримуємо: $4 + 1 + 1 = 6$ ковшів.

Г.4. Розрахунок кількості та завантаженість автошлаковозів

Середня кількість шлаку від одної плавки (при роботі на шихті, яка складається з 60 % брухту та 40 % котунів) складатиме:

$$100 \times 0,19 = 19 \text{ т}$$

$$\text{або } 19 : 2,5 = 7,6 \text{ м}^3,$$

де 100 – місткість печі, т;

0,19 – кратність шлаку;

2,5 – густина рідкого шлаку, т/м³.

Приймаємо, що з дугової печі через робоче вікно видаляється 80 % шлаку:

$$19 \times 0,8 = 15,6 \text{ т} \quad \text{або} \quad 15,6 : 2,5 = 6,08 \text{ м}^3.$$

З урахуванням можливого виходу максимальної кількості шлаку та його спінення приймаємо шлакові чаші ємністю 16 м³ з можливістю їх заміни після кожної плавки.

Після розливу видаляється 20 % шлаку:

$$19 \times 0,2 = 3,8 \text{ м}^3 \quad \text{або} \quad 3,8 : 2,5 = 1,5 \text{ м}^3.$$

З урахуванням коефіцієнта заповнення ковша, який дорівнює 0,8, корисна місткість шлакового ковша складає:

$$16 \times 0,8 = 13 \text{ м}^3.$$

Тоді шлаковий ківш забезпечить прийом після розливу шлаку від:

$$13 : 1,5 = 8 \text{ плавок.}$$

При виплавці в цеху 13,6 плавок на добу для прийому шлаку виникне потреба в:

$1 \times 13,6 = 13,6$ ковшів для шлаку, який видаляється з печі;

$13,6 : 8 \approx 2$ ковша для шлаку після розливки.

Усього на добу необхідно вивезти:

$13,6 + 2 = 16$ шлакових ковшів.

Заборгованість одного шлаковоза з передачі одного шлакового ковша з ЕСПЦ до відділення перероблення шлаків і назад, хвил.:

- взяття одного наповненого шлакового ковша в ЕСПЦ – 8;
- транспортування наповненого шлакового ковша від ЕСПЦ до відділення шлакоперероблення та назад – 21;
- заборгованість шлаковоза у відділенні шлакоперероблення – 9;
- заборгованість автошлаковоза в ЕСПЦ з установки порожнього шлакового ковша – 8.

Загальна заборгованість із заміни одного шлакового ковша складатиме:

$$8 + 21 + 9 + 8 = 46 \text{ хвил.}$$

Для вивозу із цеху 16 шлакових ковшів необхідно шлаковозів:

$$\frac{16 \times 46 \times 1,2}{1440} = 0,61,$$

де 1,2 – коефіцієнт, який враховує непередбачені затримки.

З метою забезпечення безперебійної роботи цеху та з урахуванням зупинок на ремонт і технічне обслуговування приймаємо 2 шлаковози.

Г.5. Розрахунок кількості шлакових ковшів

Тривалість обороту шлакового ковша складає 46 хвил. Тоді кількість оборотів одного ковша за добу може скласти:

$$\frac{1440}{46 \times 1,2} = 26 \text{ оборотів,}$$

де 1,2 – коефіцієнт, який враховує непередбачені затримки та операції.

Необхідна кількість шлакових ковшів:

- в обороті – 1;
- під піччю – 1;
- у роздавальному прольоті – 1;
- у відділенні шлакоперероблення – 1;
- Разом: – 5.

Г.6. Розрахунок кількості кранів у пічному прольоті

Пічний проліт обслуговується завантажувальним мостовим краном вантажопідйомністю 160/32 т.

Заборгованість одного крана на плавку складається із наступних операцій, хвил.:

– захват і подача заправної машини до печі	– 2;
– заправка електропечі	– 4;
– зворот і відчеплення заправної машини	– 2;
– захват навантаженого кошика зі стенда та подача до електропечі (2 кошики)	– 8;
– захват електродного недогарка, вилучення його з електродотримача та установка на верстат	– 5;
– установка нового електрода до електродотримача	– 3;
– перепуск двох електродів	– 4;
– подача електродів і інструмента	– 5;
Разом:	– 54.
Невраховані роботи	– 14;
Разом на плавку	– 68.

Кількість плавок на добу:

$$\frac{1440 \times 5}{(5 \times 94 + 60)} = 13,6 \text{ пл.},$$

де 1440 – кількість хвилин у добі;

94 – тривалість плавки, хвил.;

5 – кількість плавок, розлитих в одну серію, шт.;

60 – час на обслуговування одної МБЛЗ після кожної серії, хвил.

Заборгованість крана по цеху на добу:

$$68 \times 13,6 = 925 \text{ хвил.}$$

Необхідна кількість кранів:

$$\frac{925}{1440} = 0,64 \text{ крана.}$$

Приймаємо до установки 1 кран.

Г.7. Розрахунок кількості кранів у розподільному прольоті

Проліт обслуговується розливними кранами вантажопідйомністю 180 + 60/32 т.

Виходячи з характеристики крана, заборгованість одного крана на плавку складається з наступних операцій, хвил.:

– захват сталерозливного ковша зі стенда для сушки та установка його на сталевіз	– 4;
– подача розливного ковша на АКОС	– 4;
– подача розливного ковша на МБЛЗ	– 4;
– злив шлаку з розливного ковша (включаючи зняття ковша зі стенда МБЛЗ)	– 7;
– обслуговування АКОС	– 4;
– подача сталерозливного ковша на стенд для монтажу шиберного затвора	– 4;
– перестановка розливного ковша зі стенда для монтажу шиберного затвора на стенд для сушки (підігріву)	– 4;
– перестановка шлакового ковша в зону дії шлаковоза та назад	– 8;
– роботи з обслуговування холодних ремонтів розливних ковшів (видалення козлів і настилів, прибирання бою вогнетривів і сміття після ломки футерівки та ін.) 30 % від загального часу	– 12;
Невраховані роботи	– 20;
Разом на плавку:	– 71.

Заборгованість крана по цеху на добу складатиме:

$$71 \times 13,6 = 966 \text{ хвил.}$$

Необхідна кількість кранів:

$$\frac{966}{1440} = 0,67.$$

У зв'язку з тим, що кран працює з транспортування розплавлених металу та шлаку, для безперебійної роботи розподільчого прольоту приймається до установки два розливних крани вантажопідйомністю 180 + 60/32 т.

Додаток Д

Приблизні об'ємно-планувальні рішення відділення

Відділення виплавки та позапічної обробки сталі являє собою трипрольотну споруду довжиною 120 м та шириною 72 м (рис. Д.1). Зблоковане в одну шестипрольотну будівлю з відділенням безперервної розливки сталі (ВБРС).

Відділення цеху включає три прольоти: північний – шириною 30 м ($D_1 - E_1$), бункерний – шириною 12 м ($G_1 - D_1$), розподільчий – шириною 30 м ($B_1 - G_1$).

По ряду E_1 до будівлі цеху прилягає блок споруд, який включає обчислювальний центр, приміщення поста керування ДСП і газоочищенням, приміщення для зберігання резервного півного трансформатора, електротехнічні, вентиляційні та інші приміщення.

У осі "10" ряду E_1 до будівлі ЕСПЦ прилягає пішохідна галерея з адміністративно-побутового корпусу.

Д.1. Північний проліт

У північному прольоті (в осях "2 – 5") розміщені дугова піч ДСП-100, яка встановлена в пилешумоізолюючий кожух, блок споруд, який включає трансформаторну підстанцію, приміщення насосно-акумуляторної станції, маслоохолоджувальних установок, щитів станцій керування, високовольтної підстанції.

Поряд з піччю (в осях "5 – 8") розміщені котел-утилізатор з циркуляційною насосною станцією, зарезервовано місце для можливості спорудження в перспективі установки для попереднього підігріву брухту.

В торці півного прольоту (в осях "8 – 11") розташована ділянка для зберігання резервного кожуха та водоохолоджуваних елементів ДСП, ремонту футерівки подини, склепінь ДСП і АКОС.

В осях "6 – 8" виконані прорізи в робочому майданчику для подачі автоскраповозами корзин зі скрапом до зони дії завантажувального крана. Передбачено також автов'їзд для вивозу шлаку з цеху автошлаковозами.

На робочому майданчику півного прольоту розміщені: установка для згвинчування графітованих електродів, бункери для заправних матеріалів, заправні машини, приміщення датчиків і пульт керування піччю. Передбачається можливість забезпечення роботи машини для ламання футерівки подини ДСП, мульдозавалочної машини, автозавантажувача.

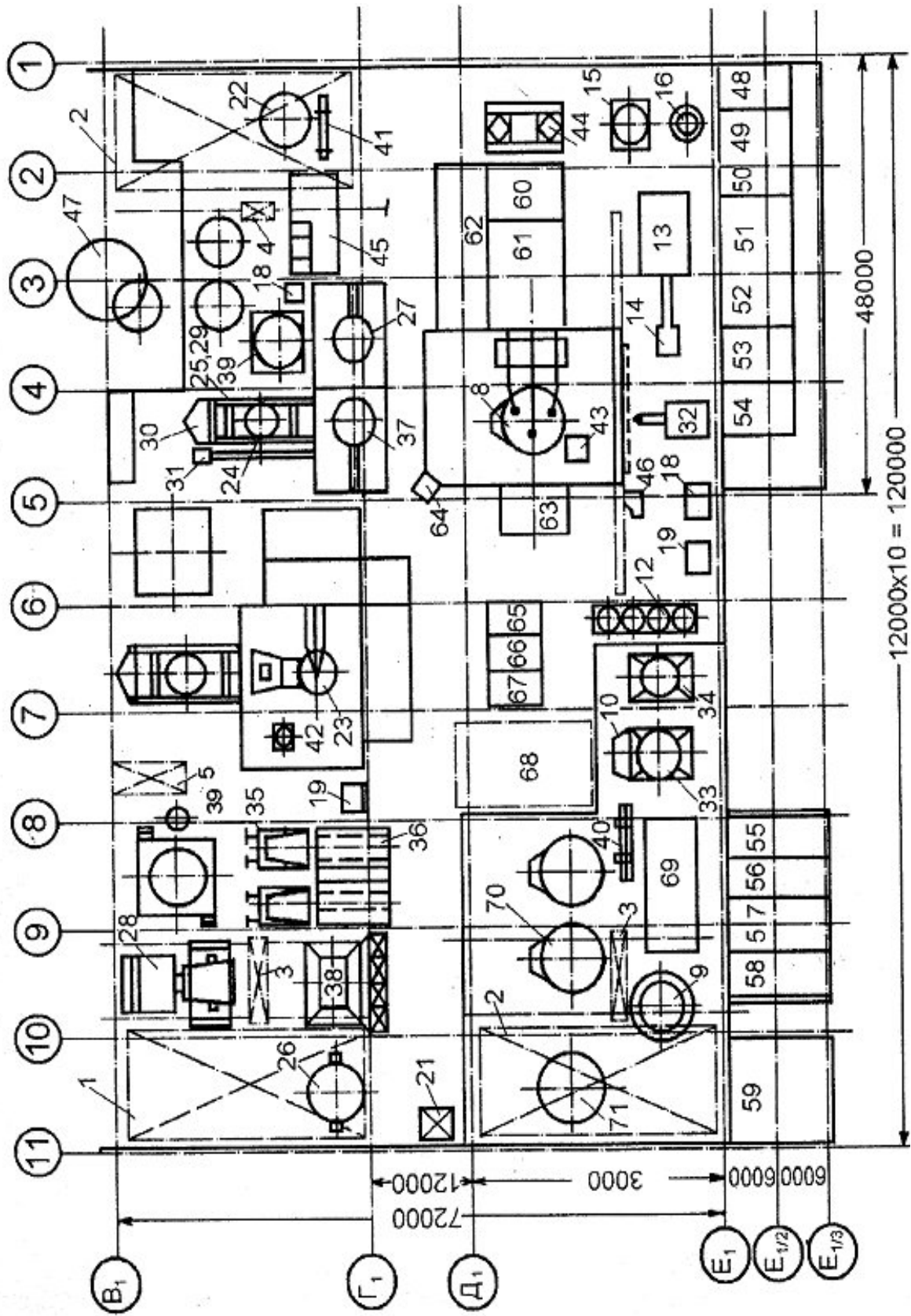


Рис.Д.1. План розміщення устаткування

Д.2. Бункерний проліт

У прольоті передбачені дві групи бункерів для збереження сипких матеріалів, феросплавів і металізованих котунів. Одна група призначена для подачі цих матеріалів до ДСП, інша – до АКОС.

Всі витратні бункери оснащені тензометричними зважувальними пристроями. Завантаження бункерів здійснюється пересувним реверсивним конвеєром. Видача матеріалу та його порціонування провадиться за допомогою електровібраційних або стрічкових живильників через бункерні ваги-дозатори. Зважені матеріали видаються на стрічкові транспортери та по трубозбігам подаються в піч через отвори у склепінні або в ківш через отвори в кришці АКОС. У цьому прольоті також розміщено блок приміщень АКОС, які включають приміщення акумуляторно-насосної станції, ЕОМ, пост керування.

У торці прольоту біля осі “11” по ряду Д₁ передбачається облаштування ліфта вантажопідйомністю 500 кг.

Д.3. Розподільчий проліт

У розподільчому прольоті провадиться передача сталерозливного ковша від печі до АКОС, позапічна обробка сталі та передача ковша від АКОС на поворотний стенд МБЛЗ відділення безперервної розливки сталі.

В осях “5 – 8” розміщено АКОС з трансформаторною підстанцією, маслоохолоджувальною установкою та приміщенням щитів керування.

У прольоті розміщені також установки для ламання футерівки, сушіння та розігріву сталерозливних ковшів, ділянки ремонту футерівки та установки шиберних затворів сталерозливних ковшів, зборки фурм АКОС, ями для аварійного зливу металу, місця для установки шлакових ковшів, кришок АКОС.

По ряду В₁ прольоту в осях “2 – 4” розміщено поворотний стенд МБЛЗ.

Проліт обслуговується двома мостовими розливними кранами вантажопідйомністю 180 + 63/20 т.

Ділянка установки шиберних затворів, ремонту футерівки ковшів обслуговується консольним пересувним краном вантажопідйомністю 3,2 т.

Д.4. Приблизний перелік приміщень і устаткування, передбачених у відділенні плавки та позапічної обробки сталі для забезпечення роботи електропечі ДСП-100 (відповідає рис. Д.1)

Д.4.1. Підйомно-транспортне устаткування

1. Кран мостовий електричний розливний

$$Q = 180 + 63/20 \text{ т.}$$

2. Кран мостовий електричний завантажувальний

$$Q = 160/32 \text{ т.}$$

3. Кран підвісний однобалочний з електричним талем, $Q = 10$ т.
4. Таль електричний, $Q = 10$ т.
5. Кран консольний пересувний електричний, $Q = 3,2$ т.
6. Кран підвісний ручний однобалочний, $Q = 1$ т.
7. Автозавантажувач, $Q = 3,2$ т.

Д.4.2. Технологічне устаткування

8. Електропід дугова сталеплавильна місткістю 100 т, типу ДСП-100.
9. Стенд для ремонту та зберігання склепіння.
10. Автоскраповіз ($Q = 150$ т).
11. Автошлаковіз ($Q = 100$ т).
12. Пристрій для згвинчування електродів електропечі.
13. Машина мульдозавалочна ($Q = 1,5$ т).
14. Мильда ємністю $0,3$ м³.
15. Машина для торкретування відцентрова підвісна.
16. Машина заправна.
17. Ваги для зважування феросплавів ($Q = 0,2$ т).
18. Зварювальний трансформатор.
19. Установка станцій пневмопошти проб.
20. Поточна лінія подачі сипких матеріалів і феросплавів.
21. Ліфт пасажирський ($Q = 0,5$ т).
22. Шлакова чаша об'ємом 16 м³.
23. Агрегат комплексної обробки сталі – АКОС-100.
24. Ківш сталерозливний місткістю 130 т.
25. Сталевіз самохідний.
26. Траверса для шлакового ковша об'ємом 16 м³.
27. Установка сушки сталерозливних ковшів.
28. Устаткування підготовки шибєрних затворів стальковшів.
29. Ваговий пристрій для сталевоза.
30. Буферний пристрій.
31. Перекриття щілини тролейного тунелю.
32. Машина ламання футерівки печей.
33. Корзина грейферна об'ємом 80 м³.
34. Піддон під кошик.
35. Устаткування для розігріву футерівки сталерозливних ковшів.
36. Установка розігріву ковшів оборотних.
37. Установка розігріву ковшів на сталевозі.
38. Установка для ламання футерівки сталерозливних ковшів.
39. Стіл для ремонту ковшів.

40. Траверса Q = 125 т.
41. Траверса Q = 66 т.
42. Пристрій для згвинчування електродів АКОС.
43. Пристрій для вимірювання температури, відбору проб подачі кисню.
44. Устаткування для подачі заправних матеріалів.
45. Механізм для зборки продувальних фурм.
46. Установка механізмів укриття ДСП-100.
47. Поворотний стіл МБЛЗ.

Д.4.3. Приміщення, ділянки

48. Зал ЕОМ ДСП-100.
49. Установка перетворювачів.
50. Ділянка змінних блоків КВП.
51. Пульт керування ДСП-100.
52. Кімната відпочинку.
53. Душуючі пристрої.
54. Венткамера.
55. Кімната електриків.
56. Майстерня з ремонту перетворювачів.
57. Майстерня з ремонту програмованих блоків.
58. Майстерня з ремонту допоміжного устаткування.
59. Приміщення з ремонту трансформаторів.
60. Розподільний пристрій ДСП-100.
61. Трансформаторна підстанція ДСП-100.
62. Щитова ДСП-100.
63. Місце котла-утилізатора.
64. Пульт керування випуском сталі.
- 65, 66, 67. Керуючі блоки піччю ДСП-100.
68. Місце установки для нагріву брухту.
69. Місце для стенда з траверсою для перенесення подини.
70. Місце для ремонту подини.
71. Місце для запасного склепіння.
72. Набор фурм для АКОС.
73. Щитова АКОС.
74. Трансформаторна підстанція АКОС.
75. Зал ЕОМ АКОС.
76. Пульт керування АКОС.
77. Яма для аварійного зливу металу.
78. Яма для ремонту футерівки сталерозливних ковшів.

Додаток Е

Норми технологічного проектування та техніко-економічні показники роботи електросталеплавильних цехів

Норми технологічного проектування (НТП) встановлені для двох груп печей: 1 – для печей місткістю 6 – 25 т; 2 – для печей місткістю 50 – 150 т. Для печей другої групи (50, 100, 150 т) норми встановлені для умов роботи на холодному брухті, із застосуванням газоподібного кисню та газокисневих пальників, одношлаковим процесом з пінистим шлаком із винесенням процесів для доводки в агрегати комплексної обробки сталі (АКОС), безшлаковим випуском і залишенням “болота” металу (залишається 10 – 15 % металу), з розливкою на МБЛЗ. Печі з водоохолоджувальними елементами склепіння та стін, ексцентричним випуском сталі в ківш, установлений на сталевозі, загрузкою матеріалів зверху через п’ятий отвір у склепінні. Установки печей в пилешумоізолюючих камерах. Загрузка брухту в два прийоми. Доставка брухту в контейнерах з подальшим перевантаженням в пічні корзини з корегуванням магнітними кранами. Заправка укосів і стін печі здійснюється машинами двох типів: відцентровою, що вводиться в піч краном через верх, і пневмомеханічною, з подачею матеріалу через робоче вікно. Заправка здійснюється периклазовим порошком зі спецдобавками.

Нарощування електродів проводиться за допомогою спеціального пристрою на верстатах, перепуск електродів – на відведеному склепінні. Електроди з допустимою щільністю струму 28 – 35 А/см².

Печі оснащені трьома газокисневими пальниками, встановленими між електродами та такими, що працюють у начальний період кожної з двох завалок.

Подача кисню до ванни печі здійснюється кисневими трубками, що вводяться через робоче вікно. Вимірювання температури та взяття проб здійснюється механізованим пристроєм за допомогою змінних блоків. Доставка проб до лабораторії – пневмопоштою.

Склепіння печі виконується з мулітокорундової або периклазо-хромітової цегли, стіни – з периклазо-вуглецевої або периклазо-хромітової цегли.

Застосовуються сталерозливні ковші місткістю 70, 130 і 175 т з шиберними затворами, футеровані мулітокорундовою (робочий шар) і периклазо-графітовою (шлаковий пояс) цеглою.

Для печей першої групи норми технологічного проектування встановлені для умов роботи на холодному брухті з використанням кисню, двошлаковим процесом з позапічною обробкою.

Таблиця Е.1
Режим роботи та річний фонд робочого часу
дугових сталеплавильних електропечей

№ з/п	Місткість печі, т	Режим роботи	Тривалість ремонту, діб/рік				Річний фонд робочого часу, діб
			капітальний	холодний та профілактичний	гарячий	усього	
1	6	Цілодобово, без вихідних	2	5	8	15	350
2	12		4	8	8	20	345
3	25		4	10	12	26	339
4	50		7	8	30	45	320
5	100		8	12	32	52	313
6	150		9	17	37	63	302

Таблиця Е.2
Продуктивність дугових сталеплавильних електропечей

№ з/п	Місткість печі, т	Потужність трансформатора, кВ·А	Тривалість плавки, год.-хвил.	Річна продуктивність печі, т/рік
1	6	4800	2-35	19000
2	12	9600	2-35	38000
3	25	15000	3-00	67000
4	50	50000	1-25	270000
5	100	80000	1-30	500000
6	150	100000	1-40	650000

Таблиця Е.3
Тривалість окремих періодів плавки
в дугових сталеплавильних печах першої групи

№ з/п	Період плавки	Тривалість, год.-хвил., для печей місткістю, т		
		5	12	25
1	Заправка	0-10	0-10	0-15
2	Завалка	0-05	0-05	0-05
3	Підвалка	—	—	—
4	Перепуск і нарощування електродів	0-05	0-05	0-05
5	Розплавлення	1-05	1-05	1-20
6	Окислення та нагрів металу	0-10	0-10	0-20
7	Рафінування	0-55	0-55	0-50
8	Випуск	0-05	0-05	0-05
Загальна тривалість плавки		2-35	2-35	3-00

Таблиця Е.4
Тривалість окремих періодів плавки
в дугових сталеплавильних печах другої групи

№ з/п	Період плавки	Тривалість, год.-хвил., для печей місткістю, т		
		50	100	150
1	Заправка	0-03	0-03	0-04
2	Загрузка першої корзини	0-03	0-03	0-03
3	Заміна та перепуск електродів	0-04	0-04	0-05
4	Плавлення першої корзини	0-20	0-20	0-20
5	Завантаження другої корзини	0-05	0-05	0-06
6	Доплавлення	0-25	0-30	0-35
7	Контроль і доводка металу	0-20	0-20	0-20
8	Випуск	0-05	0-05	0-06
9	Тривалість плавки від випуску до випуску, год.-хвил.	1-25	1-30	1-40
Разом, хвил.		85	90	100

Таблиця Е.5
Питома витрата матеріалів і електроенергії
для печей місткістю 6, 12 та 25 т

№ з/п	Найменування показника	Одиниця вимірювання	Витрати для печей місткістю, т		
			6	12	25
1	Електроди графітізовані	кг	5,3	5,3	5,3
2	Вапно ¹⁾	кг	60 / 50	60 / 50	60 / 50
3	Залізна руда	кг	20	20	20
4	Плавииковий шпат ¹⁾	кг	6,5 / 3,0	6,5 / 3,0	6,5 / 3,0
5	Електроенергія:	кВт·год.			
	– на технологічні потреби		650	600	555
	– на газоочищення		46	46	45
	– загальноцехова		23	28	14
6	Кисень ²⁾	м ³	14 / 33	14 / 33	14 / 33
7	Вода	м ³	28	22	20
8	Шлакові чаші	кг	0,8	0,6	0,5
9	Стиснене повітря	м ³	33	23	16,5

Примітки: 1) чисельник – двошлаковий; знаменник – одношлаковий процес;
2) чисельник – всі сталі, крім нержавіючих; знаменник – нержавіючі сталі.

Таблиця Е.6
 Питома витрата матеріалів і електроенергії
 для печей місткістю 50, 100 та 150 т

№ з/п	Найменування показника	Витрати для печей місткістю, т		
		50	100	150
1	Графітовані електроди, кг	5,0	5,0	5,0
2	Електроенергія, кВт·год:			
	– на виплавку	500	480	470
	– на загальноцехові потреби	10	8	7,5
3	Кисень, м ³ :			
	– на виплавку рядової сталі	15	15	15
	– на виплавку нержавіючої сталі з подальшою обробкою на агрегаті аргоно-кисневого рафінування	5	5	5
	– на газокисневі пальники	10	10	10
	– на загальноцехові потреби	0,04	0,04	0,04
4	Стиснене повітря на загальноцехові потреби, м ³	14,5	12	11
5	Природний газ на газокисневі пальники, м ³	5	5	5
6	Природний газ на загальноцехові потреби, м ³	9,1	8,3	7,7
7	Тепло на опалювальні потреби:			
	ГДж	0,097	0,059	0,038
	ккал	23000	14000	9000
8	Вода, м ³ :			
	– на технологічні потреби	20	16	14
	– на загальноцехові потреби	19	13	20

Таблиця Е.7
 Вантажопідйомність основного кранового устаткування
 електросталеплавильних цехів

№ з/п	Місткість печі, т	Вантажопідйомність головного крюка розливного крана, т	Вантажопідйомність головного крюка завалочного крана, т
1	6	15	15
2	12	30	30
3	25	50	50
4	50	100	100
5	100	180	160
6	150	250	200

Таблиця Е.8

Норми запасів основних матеріалів в електросталеплавильних цехах

№ з/п	Найменування матеріалу	Норма запасу, доба
1	Чавун чушковий	3
2	Брухт вуглецевий	3
3	Брухт легований	5
4	Вапно	0,5-1
5	Агломерат або котуни	2
6	Плавииковий шпат	2
7	Доломіт обпалений	2
8	Периклазовий порошок	2
9	Феросплави	3

Таблиця Е.9

Рекомендовані параметри будівель електросталеплавильних цехів з печами різної місткості

№ з/п	Місткість, т	Висота робочого майданчика, м	Висота до рівня підкранової рейки, м	Крок колон по основному ряду, м
1	6	4,0	14,0	12,0
2	12	5,0	16,0	18,0
3	25	5,5	20,0	24,0
4	50	7,0	24,0	27,0
5	100	8,0	27,0	30,0
6	150	8,0	28,0	33,0

Таблиця Е.10

Основні технічні характеристики печі ДСП-100

№ з/п	Параметр	Одиниця вимірювання	Норма параметра
1	Місткість по рідкому металу		
	– номінальна	т	100
	– максимальна	т	115
2	Діаметр кожуха на рівні укосів	мм	6700
3	Номінальна потужність пічного трансформатора	МВ·А	80
4	Напруга високої сторони трансформатора	кВ	35
5	Границі вторинної напруги, в т.ч. зі сталюю потужністю	В	829-288
6	Максимальний струм електрода	кА	80

Закінчення таблиці Е.10

№ з/п	Параметр	Одиниця вимірювання	Норма параметра
7	Кількість фаз	шт.	3
8	Діаметр графітизованого електрода	мм	610
9	Діаметр розпаду електродів	мм	1400
10	Габаритні розміри електропечі:		
	– у плані	мм	15500 × 13750
	– висота	мм	20800
11	Питома витрата електроенергії на розплавлення брухту	кВт·год/т	400
12	Питома потужність на одиницю номінальної місткості	кВ·А/т	800
13	Маса металоконструкції	т	610

Таблиця Е.11

Основні технічні характеристики
агрегату комплексної обробки сталі (АКОС-100)

№ з/п	Параметр	Розмірність	Норма параметра
1	Номінальна місткість	т	100
2	Установлена потужність	МВ·А	16
3	Первина напруга трансформатора	кВ	35
4	Вторинна напруга трансформатора	В	290-98
5	Максимальний струм електрода	кА	35
6	Кількість фаз	шт.	3
7	Діаметр електрода	мм	400
8	Діаметр розпаду електродів	мм	650
9	Швидкість нагріву металу	°С/хвил.	3-4
10	Габаритні розміри:		
	– у плані	мм	17000 × 24000
	– за висотою	мм	16500

Додаток Ж

Форма титульного аркуша пояснювальної записки до курсового проєкту

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра електromеталургії імені акад. М.І. Гасика

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

з дисципліни

“Технологічне проєктування електromеталургійних цехів”

Варіант № ____

Виконав:

студент групи

_____ (шифр)

_____ (підпис)

_____ (Прізвище, ініціали)

Керівник:

_____ (посада)

_____ (підпис)

_____ (Прізвище, ініціали)

Проєкт захищено

з оцінкою _____

« ____ » _____ 20 ____ р.

Дніпро

20 ____

Навчально-методичне видання

Пройдак Юрій Сергійович,
Гладких Володимир Андрійович,
Рубан Артем Володимирович,
Пройдак Андрій Юрійович

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЙНИХ ЦЕХІВ

Методичні рекомендації та контрольні завдання
до проведення практичних занять і виконання курсового проєкту

Електронне видання

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 94 від 29.04.2026)

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка Т. О. Зайцева

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 2,66. Обл.-вид. арк. 2,70.
Зам. № 30.

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010