

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт та практичних занять
з дисциплін

**«ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ» та
«ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ МАШИНОБУДІВНИХ
ПІДПРИЄМСТВ»**

для студентів спеціальності **136 «Металургія»**
освітньої програми **«Ливарне виробництво чорних та кольорових
металів і сплавів»** та спеціальності **131 «Прикладна механіка»**
освітньої програми **«Обладнання та технології
ливарного виробництва»**
всіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та практичних занять з дисципліни «Проектування ливарних цехів» та «Проектування ливарних цехів машинобудівних підприємств» для студентів спеціальності 136 «Металургія» освітньої програми «Ливарне виробництво чорних та кольорових металів і сплавів» та спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Обладнання та технології ливарного виробництва» всіх форм навчання / Укл.: В.В. Наумик, В.М. Сажнів, Я.А Василевська – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 42 с.

Укладачі: В.В. Наумик, професор, д.т.н.
В.М. Сажнів, доцент, к.т.н.
Я.А Василевська, асистент, зав. лабораторії

Рецензент: В.Г. Іванов, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: В.В. Луньов, професор, д.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри "Машини і
технологія ливарного виробництва"
Протокол № 1
від 16.08.2016 р.

Рекомендовано до видання
НМК Інженерно-фізичного факультету
Протокол № 1
від 13.09.2016 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Лабораторна робота 1. Розрахунок програми цеху і проектування плавильного відділення	5
2 Лабораторна робота 2. Розрахунок і проектування формуваль-но-заливо-вибивального і стержневого відділень.....	9
3 Лабораторна робота 3. Розрахунок і проектування сумішопри-готувального і термообробувального відділень.....	18
4 Лабораторна робота 4. Проектування складів і допоміжних від-ділень ливарних цехів.....	24
5 Лабораторна робота 5. Компонування плану ливарного цеху.....	33
Список рекомендованої літератури	42

ВСТУП

Основне призначення лабораторних робіт та практичних занять полягає в закріпленні теоретичного курсу, поглибленні знань і вмінь студентів у області проектування ливарних цехів. Тому, до лабораторних та практичних робіт допускаються студенти, які ознайомилися з літературними джерелами [1, 2] й матеріалами оглядових лекцій відповідно до програми цього курсу.

Лабораторні роботи складаються з проектних розрахунків відділень і ділянок ливарного цеху й подальшого планування методом макетного проектування. Якщо обмежитися тільки проектними розрахунками, а розробку планувань відділень і ділянок ливарного цеху робити графічним методом, то такий вид занять називається практичними роботами. Тобто, значної різниці між практичними і лабораторними роботами в «Проектуванні ливарних цехів» не існує. Тому основна мета дійсних методичних указівок розвивати навички проектних розрахунків.

Звіт про кожну лабораторну роботу оформляється в учнівському зошиті у виді розрахунків, куди при необхідності вклеюються результати комп'ютерних розрахунків і планування відділень, що виконані на міліметрівці.

Перед початком проведення лабораторних робіт кожен студент одержує від викладача індивідуальне завдання. Типові завдання на проектування ливарних цехів різного призначення й різної потужності приведені в [5].

1 Лабораторна робота 1

РОЗРАХУНОК ПРОГРАМИ ЦЕХУ І ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ

Мета роботи

Розрахунок виробничої програми цеху із використанням комп'ютера, визначення типу майбутнього виробництва. Вибір режиму роботи відділень і ділянок, визначення фондів часу роботи устаткування і робітників, розрахунок і проектування плавильних відділень.

Тривалість аудиторної роботи – 2 г.

Теоретична частина

Виробнича програма ливарного цеху повинна містити завдання на річний випуск виливків для кожного виробу і роду металу (сірий чавун, ковкий чавун, сталь, кольорові сплави), на випуск виливків на запасні частини, що передбачається по детально для кожного виробу, але частіше вказується у відсотках до випуску основної продукції. Для ливарних заводів, а також спеціалізованих ливарних цехів (наприклад, ливарний цех виливниць) випуск виливків на запасні частини може не плануватися. У програму включається випуск виливків на покриття браку ливарного й механічного цехів, що вказується звичайно у відсотках до кількості основної продукції, й запасних частин.

Завдання на проектування складені таким чином, що в результаті розрахунків одержують відомість щодо кількості й маси виливків (форма 1), у якій є всі викладені дані. Виробнича програма розраховується точним методом.

Користуючись даними розрахованої програми цеху і табл.2 [3] (серійність виробництва виливків у залежності від кількості в річній програмі й від їхньої маси), визначають тип виробництва проектного цеху.

Після цього, користуючись рекомендаціями [5], вибирають режим роботи усіх відділень і ділянок проектного цеху, обґрунтовують зроблений вибір і, користуючись даними таблиці [4], встановлюють ефективні річні фонди часу устаткування і робітників, які зводять у відомість за формою 1.1.

При проектному розрахунку плавильного відділення складають баланс металу, обґрунтовують вибір типу плавильних агрегатів і визначають їхню кількість.

Форма 1.1 – Ефективний річний фонд часу роботи проектового цеху

Відділення цеху	Вид устаткування	Кількість змін роботи	Річний фонд часу, г		
			робочого місця	устаткування	робітника

Баланс металу виплавлюваних марок сплавів складають за формою 1.2. Дані про придатні виливки, ливники й прибутки, брак і рідкий метал приймають за відомістю річної кількості й маси виливків, розрахованої за допомогою комп'ютерної програми. Дані про вигар і безповоротні втрати для різних сплавів вибирають у залежності від типу плавильного агрегату й методу плавки для визначеної маси виливків у табл. 2.2 [5].

Форма 1.2 – Баланс металу виплавлюваних моделей сплавів

Витрата металу	Марка		Марка		Усього по цеху
	т/рік	%	т/рік	%	т/рік
Придатне литво Ливники і додатки Брак виливків Разом рідкого металу Вигар і безповоротні втрати Металозавалка		100		100	

Робота плавильного відділення має бути погоджена з роботою формувального відділення, що обслуговується ним, і тому при виборі типу плавильного агрегату варто виходити з марок металу, що підлягають виплавці, і маси виливків, що виготовляються.

При проектуванні нових ливарних цехів для виплавлення чавуну варто передбачати електричні печі й комплекси для дуплекс-процесів. Застосування дугових електропечей буде кращим при використанні металовідходів нестабільного хімічного складу (плавка синтетичного чавуну), а також для одержання високоміцного чавуну. Для дуплекс-процесів варто передбачати застосування таких комплексів:

- індукційна тигельна електропіч – індукційна канална електропіч;
- дугова електропіч – індукційна канална електропіч;
- вагранка закритого типу з підігрівом дуття, очищенням газів,

що відходять, тривалим міжремонтним циклом роботи – індукційна канална електропіч,

В умовах середньосерійного, дрібносерійного й одиничного виробництв при відносно частій зміні марок виплавлюваного чавуну в якості міксерів необхідно передбачати індукційні тигельні електропечі.

Плавку сталі для одержання фасонних виливків, як правило, потрібно проектувати в дугових електропечах з ефективними системами очищення газів, що відходять. Вибір футеровки печі (основна чи кисла) і варіанти плавки в ній (з окислюванням чи переплавою) залежать від марки виплавлюваної сталі й використовуваних шихтових матеріалів. Середньовуглецеві й низьколеговані сталі звичайних марок потрібно виплавляти в печах з кислої футеровки. Використовувана при цьому шихта з вмістом сірки, фосфору й легуючих елементів має відповідати технічним умовам.

Для виробництва виливків з високолегованих і спеціальних сталей необхідно застосовувати печі з основною футеровкою. Для одержання виливків з низьковуглецевих жароміцних сталей у дугових електропечах необхідно передбачати продувку киснем ванни рідкого металу.

Для одержання спеціальних високолегованих сталей варто застосовувати індукційні печі підвищеної частоти.

Тип і продуктивність плавильних агрегатів необхідно пов'язати з ритмом роботи формувального устаткування, прагнучи при цьому до застосування найбільших печей для зменшення їхньої кількості.

Розрахункова кількість плавильних електропечей n_p , од.:

$$n_p = \frac{B \cdot \kappa_n}{\Phi_e \cdot \Pi}, \quad (1.1)$$

де B – річна кількість рідкого металу, т;

κ_n – коефіцієнт нерівномірності;

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи електропечей, г;

Π – розрахункова годинна продуктивність, т.

Для розрахунків згідно приведеної формули " B " приймають згідно балансу металу для кожної марки сплаву; κ_n , Π , Φ_e – за даними, що наведено у навчальному посібнику [5].

Прийнята в проєкті кількість печей n_{Π} , од.:

$$n_{\Pi} = \frac{n_p}{\kappa_B}, \quad (1.2)$$

де κ_B , – коефіцієнт використання розрахункової продуктивності печей, що повинен знаходитись в межах $\kappa_B = 0,7 \dots 0,8$.

У випадку застосування вагранок задаються числом блоків вагранок по кількості виплавлюваних марок чавуну, а потім з (1) визначають розрахункову годинну продуктивність $\Pi_{\text{п}}$. Типи, основні параметри і розміри вагранок, а також їхня годинна продуктивність мають відповідати ДСТУ 24774-81. Тому прийняту в проекті продуктивність вагранок $\Pi_{\text{п}}$ визначають за формулою, т/г:

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{\Pi_{\text{р}}}{\kappa_{\text{в}}} . \quad (1.3)$$

Рекомендації з розробки планування плавильного відділення приведені в [1, 5].

Зміст звіту

1. Розрахункова відомість програми проектного цеху, виконана на комп'ютері.
2. Обґрунтування визначеного типу виробництва й обраного режиму роботи цеху і його відділень.
3. Відомість ефективного річного фонду часу роботи устаткування.
4. Баланс металу.
5. Обґрунтування типу обраних плавильних агрегатів.
6. Розрахунок кількості плавильних агрегатів.
7. Планування плавильного відділення.

2 Лабораторна робота 2 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ФОРМУВАЛЬНО-ЗАЛИВО-ВИБИВАЛЬНОГО І СТЕРЖНЕВОГО ВІДДІЛЕНЬ

Мета роботи

Розбивка заданої номенклатури виливків на групи за масою, вибір для кожної групи виливків економічно вигідного способу виготовлення форм і стержнів, обґрунтований підбір технологічного устаткування для виконання процесів виготовлення форм і стержнів, розрахунок необхідної кількості підібраного устаткування і планування відділень.

Тривалість аудиторної роботи – 2 г.

Теоретична частина

Виготовлення виливків у ливарних цехах масового і крупносерійного виробництва варто передбачати в сирих формах методом комбінованого ущільнення з використанням єдиних бентонітних сумішей на автоматичній і комплексно-механізованій формувальній лінії.

У ливарних цехах серійного й одиничного виробництва виготовлення дрібних виливків варто проектувати також у сирих формах з використанням єдиних бентонітних сумішей на формувальних автоматах з комбінованим ущільненням.

Для виготовлення форм виливків підвищеної точності, масою понад 100 кг в умовах дрібносерійного й одиничного виробництва доцільно передбачати з холоднотверднучих сумішей (ХТС).

Потокове виготовлення середніх і великих виливків для середньосерійного й дрібносерійного виробництва найраціональніше у формах з використанням пластичних самотверднучих сумішей (ПСС), швидкосохнучих піщано-глинистих сумішей (ПГС) з органічними закріплювачами, CO₂-процесу та ін. на струшуючих машинах з підпресовкою чи піскометами. Для виготовлення великих і важких виливків можуть застосовуватися також рідкі самотверднучі суміші (РСС).

Після вибору й обґрунтування способу виготовлення форм для кожної групи виливків визначеної маси підбирають оптимальний розмір опок і роблять розкладку моделей на відповідній модальній плиті таким чином, щоб коефіцієнт металоемності форми прагнув до максимуму.

Визначивши розміри опок підбирають тип і моделі формувального агрегату й розраховують необхідну кількість останніх для вико-

нання річної програми відділення.

Для підрахунку необхідної кількості автоматичного устаткування n_p , од, користуються такою формулою:

$$n_p = \frac{N}{\Phi_e \cdot \Pi} \quad (2.1)$$

де, N – річна кількість форм чи напівформ, од.;

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, г;

Π – циклова або тактова (паспортна) продуктивність напівформ/г або форм/г.

При розрахунку кількості неавтоматичного устаткування можна також користуватися формулою (4), але тоді величина Π – це розрахункова годинна продуктивність устаткування, яка залежить від характеру виробництва й приведена в [3] на деякі види формувального устаткування. Розрахункова годинна продуктивність відрізняється від паспортної тим, що вона враховує витрати часу на виконання допоміжних операцій (зміна модельних плит і налагодження устаткування), що складає 1,0...1,5 % від Φ_e . У випадку відсутності розрахункової продуктивності формула (4) здобуває вид:

$$n_p = \frac{N}{(\Phi_e - t) \cdot \Pi}, \quad (2.2)$$

де, t – втрати часу на зміну модельних плит і налагодження формувальних машин, г, значення якого залежить від групи машин; для масового й крупносерійного виробництва $t = 0$.

Прийняту в проєкті кількість устаткування визначають за формулою (2). При виготовленні форм за допомогою піскометів кількість останніх n_p для формувальної ділянки:

$$n_p = \frac{V_\phi \cdot N}{\Phi_e \cdot \Pi \cdot \kappa_y}, \quad (2.3)$$

де V_ϕ – об'єм форми, зумовлений внутрішніми габаритами розмірів опок, м³;

Π – продуктивність піскомета, м³/г;

κ_y – коефіцієнт, що враховує час установки й зняття опок.

Якщо всі технологічні операції формувально-заливобивального відділення проєктується здійснювати на комплексно-механізованих чи автоматичних лініях, то розрахунок кількості ліній роблять за формулою (4).

У формувальному відділенні може бути прийнятий послідовний чи паралельний режим роботи. При послідовному режимі з машинним формуванням, форми під заливання накопичуються на плацу (здійснюється розрахунок кількості робочих місць) або на рольгангах-накопичувачах, довжина яких може бути розрахована в залежності від довжини й кількості заливальних робочих місць [6]. При паралельному режимі зв'язок технологічних операцій відділення здійснюється конвеєрним транспортом частіше візкового, рідше підвісного чи пульсуючого типу.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення виливків на ливарному конвеєрі вибирають тип конвеєра і після розрахунку його довжини [6], з огляду на розміри платформи, визначають модель. При одночасному виготовленні двох-трьох різних виливків на конвеєрі раціональне парне розташування формувальних машин у конвеєра, а при виготовленні виливків одного найменування – групове. Групове розміщення машин у конвеєра дозволяє скоротити довжину формувальної ділянки чи при рівній довжині цієї ділянки установити більшу кількість пар машин, збільшивши тим самим продуктивність машин.

Кількість однотипних конвеєрів n_k для проектного цеху можна розрахувати за такою формулою:

$$n_k = \frac{N}{\Pi_k}, \quad (2.4)$$

де, N - кількість форм даного типорозміру на рік, шт.

Π_k - пропускна здатність конвеєра;

$$\Pi_k = \frac{60 \cdot \Phi_e \cdot V_k \cdot n_b \cdot n_\phi \cdot z}{\Sigma L_k}, \quad (2.5)$$

де, V_k – швидкість конвеєра, м/хв;

n_b – кількість візків (підвісок) на конвеєрі, шт.;

n_ϕ – число форм, установлюваних на візку (підвіску);

ζ – коефіцієнт заповнення візків формами ($\zeta = 0,8$);

ΣL_k – довжина конвеєра, м.

Коефіцієнт використання продуктивності конвеєра визначають за відношенням

$$\kappa_B = \frac{\Pi_k}{\Pi_M}, \quad (2.6)$$

де Π_M – річна продуктивність машин, встановлених у конвеєрі, форм на рік;

$$П_m = M \cdot П_1 \cdot \Phi_e; \quad (2.7)$$

M – кількість пар машин;

$П_1$ – годинна продуктивність однієї пари машин, форм.

При одержанні виливків у сухих формах і тих, що поверхово підсушуються, у відділеннях формування передбачають устаткування для теплового сушіння. Підсушування великих форм здійснюють за допомогою переносних сушильних агрегатів, кількість яких установлюють із розрахунку один агрегат на $4 \dots 6 \text{ м}^2$ форми.

Для сушіння форм в умовах індивідуального й серійного виробництва застосовують камерні сушарки з викатними візками, які працюють на природному газі чи мазуті.

Необхідну кількість камерних сушарок визначають за формулою:

$$n_{\text{кам}} = \frac{V_{\phi} \cdot t_{\text{ц}} \cdot \kappa_{\text{н}}}{\Phi_e \cdot V_c \cdot z}, \quad (2.8)$$

де, V_{ϕ} – об'єм форм, що мають бути підсушені протягом року, м^3 ;

$t_{\text{ц}}$ – час циклу сушіння з урахуванням часу завантаження й розвантаження сушарок, г [3];

$\kappa_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи сушарок;

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи сушарок, г;

V_c – внутрішній обсяг камерної сушарки, м^3 [5];

ζ – коефіцієнт використання обсягу сушарок ($\zeta = 0,15 \dots 0,3$).

При виготовленні форм на потокових лініях підсушування форм здійснюють у прохідних сушарках, що працюють у робочому режимі всієї лінії.

Розрахунок парку опок ведеться в залежності від величини циклу їхньої оборотності. Для масового виробництва з застосуванням автоматичних ліній кількість опок розраховують за формулою:

$$N_o = (1, 25 \dots 1, 3) N_{\phi} \cdot t_o, \quad (2.9)$$

де, N_o – розрахунковий парк опок, шт.;

$1,25 \dots 1, 3$ – коефіцієнт, що враховує резерв і ремонтний заділ парку опок (15 % – резерв; 15 % – на ремонті);

N_{ϕ} – кількість форм, виготовлених за годину;

t_o – цикл обороту опок, г.

Розрахунок ведеться для верхніх і нижніх опок.

Для форм, що вміщують до 20 кг рідкого металу, цикл обороту опок складає 40...90 хвилин, для більш важких форм – 2...4 г.

У залежності від типу плавильної печі, її місткості, роду металу,

маси виливків і режиму роботи цеху підбирають тип, розраховують ємність і визначають парк розливних ковшів.

При розливанні чавуну у великі форми застосовують конічні поворотні ковші. Для транспортування рідкого чавуну на значні відстані використовують барабанні ковші місткістю до двох тонн. Для одержання чавунних виливків масою до однієї тонни рекомендується застосування чайникових ковшів.

Для розливання сталі застосовують як правило, конічні стопорні або чайникові ковші, а кольорові метали розливають за допомогою поворотних (конічних і барабанних) чи чайникових ковшів.

При масовому виготовленні дрібних і середніх виливків металу з печі зливається в роздавальний ківш, місткість якого визначається місткістю плавильної печі, а потім на стендах біля конвеєрів метал переливається в розливальні ковші. Розливальні ковші використовують також у випадку безупинної видачі металу з плавильного агрегату. Місткість таких ковшів визначається масою металу в формі.

Дані щодо вибору місткості розливальних ковшів наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані щодо вибору місткості розливальних ковшів, тривалості їх роботи та ремонту

Середня металоемність форми, кг	Місткість ковша, кг	Тривалість роботи до ремонту, г	Час на ремонт та сушіння г	Час оберту ковша, хв.
До 10	50...100	2...3	6	8...10
15...25	150...250	3...4	6...8	10...15
50...100	500	6...8	8...16	15...20
> 100	1000 та більше	8	16	20...25

Кількість ковшів, що одночасно знаходяться в роботі n можна розрахувати за формулою:

$$n = \frac{N_p \cdot \kappa_n}{\Phi_e \cdot n_\phi \cdot n_o}, \quad (2.10)$$

де N_p – річна кількість форм, од.;

κ_n – коефіцієнт неравномірності;

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи формувального облад-

нання;

n_{ϕ} — кількість форм, що заливаються з одного ковша;

n_o — кількість оборотів одного ковша за годину.

Знаючи кількість ковшів, що одночасно знаходяться в роботі, з використанням даних щодо тривалості їх роботи та знаходження в ремонті [8], які наведені в таблиці 2.1, визначають кількість ковшів, яка постійно знаходиться в ремонті. Необхідний для забезпечення безперебійної роботи заливальної ділянки парк ковшів складається з вказаних двох кількостей. Його додатково збільшують ще на 15 % від кількості ковшів, що одночасно знаходяться в роботі для урахування необхідного заділу.

При конвеєрному заливанні форм чи при виконанні цієї операції на лініях, виливки до вибивки з опок охолоджуються безпосередньо на зазначених агрегатах, у розрахованій довжині яких врахований час, необхідний для охолодження виливків. При великій металоемності форм, коли потрібний значний час для охолодження виливків (конвеєрне, плацеве, фасонне формування й заливання), в заливальному відділенні передбачають площі, розміри яких визначають за існуючими нормами витримки виливків у формах після заливання [3].

Вибивку виливків з опок і частково стержнів з виливків здійснюють різними вибивними установками за допомогою ексцентрикових, інерційних й інерційно-ударних ґраток [5]. Установки для вибивки великих форм становлять собою блок, що складається з чотирьох, шести або восьми ґраток, що серійно випускаються, які установлені на загальній фундаментній рамі. В автоматичній і комплексно-механізованій формувальній лінії вибивальні пристрої вбудовуються в потік і поділяються на провальні, інерційні прохідні й провальні прохідні з видавлюванням форм пуансоном.

При виготовленні й заливанні форм на плацу, при формуванні на машинах з подальшим сушінням у сушарках і заливанням на плацу корисна площа формувального відділення визначається кількістю й розмірами робочих місць для виготовлення й заливання форм.

У механізованих ливарних цехах площі формувальних відділень не розраховуються, а визначаються плануванням устаткування з урахуванням норм проектування.

Проектування стержневих відділень полягає в підборі технологічного процесу виготовлення стержнів і розрахунку необхідної кількості стержневих машин, сушильних агрегатів, очищувальних верста-

тів і іншого устаткування для виконання заданої програми цеху. Для цього складається розрахункова відомість стержневого відділення відповідної форми [5]. Якщо в завданні на проектування ливарного цеху не приводяться зведення про кількість і масу стержнів для кожного виливка чи приведених відомостей недостатньо, стержневе відділення проектують за нормами розрахункового числа стержнів і обсягу стержневої суміші на одну тонну придатного лиття [3].

Стержні, що підлягають виготовленню в проектованому відділенні, відрізняються різноманіттям. Тому їх класифікують за розмірами, конфігурацією, масою, методом виготовлення, за складом стержневої суміші. Класифікація стержнів дозволяє об'єднати їх у групи для організації технологічних потоків з раціональним процесом виготовлення на однотипному устаткуванні.

У ливарних цехах крупносерійного і масового виробництва виготовлення стержнів варто передбачати на автоматичних машинах із твердінням у оснастці. У стержневих ділянках необхідно планувати робочі місця й устаткування для обробки, склеювання, фарбування й підсушування стержнів, механізовані склади стержнів.

У цехах середньoserійного, дрібносерійного й одиничного виробництва виготовлення стержнів рекомендується з ХТС із поверхневим підсушуванням на комплексно-механізованих лініях.

Допускається виготовлення стержнів із звичайних сумішей, які сполучені з тепловим сушінням, а також за CO_2 -процесу. У стержневих ділянках необхідно передбачати обробку, комплектацію і збереження стержнів.

При виборі устаткування для проектованого відділення варто спиратися на прийнятий технологічний процес виготовлення стержнів із урахуванням характеру виробництва виливків.

У ливарних цехах масового і крупносерійного виробництва, коли трудомісткість виготовлення стержнів досягає 30...40 % загальної трудомісткості одержання виливків, у стержневих відділеннях необхідно застосовувати високопродуктивне багатопозиційне й автоматизоване технологічне устаткування на основі піскодувних і піскодувно-піскострільних автоматів і напівавтоматів.

У ливарних цехах серійного, дрібносерійного й одиничного виробництва застосовують універсальне устаткування, придатне для виготовлення більш широкої номенклатури стержнів, чим в умовах масового і крупносерійного виробництва. Для зазначених умов застосо-

вують пневматичні струшуючі з перекидним столом стержневі машини, напівавтоматичні піскодувні машини, стаціонарні, пересувні й підвісні пісcomedети, шнекові змішувачі для виготовлення стержнів зі холоднотверднучих сумішей, спеціальні установки для виготовлення стержнів із рідких самотверднучих сумішей та інше устаткування.

Розрахунок кількості устаткування для стержневого відділення роблять за аналогічними формулами розрахунку устаткування формувального відділення. Наприклад, кількість стержневих машин визначають за формулою

$$n_p = \frac{N_{\text{ст}} \cdot \kappa_n}{(\Phi_e - t) \cdot \Pi}, \quad (2.11)$$

де, n_p – розрахункова кількість однотипних стержневих машин для одного технологічного потоку;

$N_{\text{ст}}$ – кількість стержневих шухляд на річну програму по даній масовій групі стержнів;

κ_n – коефіцієнт нерівномірності роботи машин і споживання стержнів;

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи машин, г;

t – витрати часу на переналагодження машин для виготовлення стержнів іншого найменування;

Π – продуктивність стержневої машини, шухляд/г.

Коефіцієнт використання формувального і стержневого устаткування визначається за формулою (2) і встановлюється в межах 0,7...0,8. При застосуванні установці устаткування в кількості 1...3 одиниць допускається в окремих випадках зниження коефіцієнта використання продуктивності до значень менше 0,5 і 0,6 відповідно.

Коефіцієнт використання продуктивності устаткування відділень і ділянок, що обслуговують формувально-заливо-вибивальні, не повинний перевищувати коефіцієнт використання продуктивності формувального устаткування (за винятком устаткування плавильних відділень).

Для визначення необхідного числа сушильних печей стержні розподіляють в сушарках із урахуванням необхідного циклу сушіння і прийнятого типорозміру печі.

Установивши річну кількість стержнів, габаритні розміри сушильних плит і їхню площу з урахуванням раціонального розміщення стержнів на плиті, визначають необхідну кількість сушарок:

– конвеєрних

$$n_{\text{кон.с.}} = \frac{S \cdot t \cdot L \cdot \kappa_{\text{н}}}{S_{\text{п}} \cdot N_{\text{п}} \cdot \Phi_{\text{е}} \cdot L_{\text{к}} \cdot z}; \quad (2.12)$$

– камерних

$$n_{\text{кам.с.}} = \frac{V_{\text{ст}} \cdot t \cdot \kappa_{\text{н}}}{V_{\text{с}} \cdot \Phi_{\text{е}} \cdot z}, \quad (2.13)$$

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

t – час циклу сушіння, г [3];

L – відстань між етажерками, м;

$\kappa_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності споживання стержнів і роботи сушарок;

$S_{\text{п}}$ – площа однієї полиці етажерки, м^2 ;

$N_{\text{п}}$ – число полиць на етажерці, од;

$\Phi_{\text{е}}$ – ефективний річний фонд часу роботи сушарки, г;

$L_{\text{к}}$ – довжина конвеєра в зоні сушіння, м;

ζ – коефіцієнт заповнення полиць етажерки для конвеєрних сушарок (0,6...0,8) чи коефіцієнт заповнення обсягу камерної сушарки;

$V_{\text{ст}}$ – річний обсяг стержнів з урахуванням браку виливків і поломки стержнів, м^3 ;

$V_{\text{с}}$ – об'єм сушарки, м^3 .

Технічну характеристику камерних і конвеєрних сушарок наведено у [5].

Формувальні і стержневі відділення варто проектувати з урахуванням створення спрямованих направлених найкоротших технологічних потоків із розташуванням однотипного стержневого устаткування на окремих ділянках.

Зміст звіту

1. Відомість формуального відділення (форма 2).
2. Відомість стержневого відділення (форма 3).
3. Вибір і обґрунтування технологічних процесів виготовлення форм і стержнів.
4. Вибір і розрахунок необхідної кількості формуального і стержневого устаткування.
5. Планування формуального і стержневого відділень.

3 Лабораторна робота 3 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ СУМІШОПРИГОТУВАЛЬНОГО І ТЕРМООБРУБОВАЛЬНОГО ВІДДІЛЕНЬ

Мета роботи

Визначення потреби формувального і стержневого відділень у відповідних сумішах, вибір і розрахунок необхідної кількості змішувачів, планування сумішоприготувального відділення, а також розбивка всієї номенклатури виливків на технологічні групи по фінішній обробці, вибір технологічних операцій і устаткування для їхнього виконання, розрахунок необхідної кількості устаткування і планування термообрубувального відділення.

Тривалість аудиторної роботи – 2 г.

Теоретична частина

Загальна річна витрата формувальних сумішей у масовому крупносерійному виробництві для безопокowego формування визначають розрахунком виходячи з розмірів і числа форм, які виготовляються для всієї номенклатури виливків, за винятком обсягу, зайнятого виливом із ливниковою системою і стержнями.

При інших видах виробництва виливків річну витрату рекомендується визначати таким самим способом, але для виливків, прийнятих у якості представників. У випадку відсутності технологічних даних на велику частину чи всю номенклатуру виливків, річну витрату формувальних сумішей визначають за нормами витрат цих сумішей на 1 т придатних виливків у залежності від їхньої маси [3].

Витрати стержневих сумішей визначають за технологічною відомістю необхідних стержнів на програму з поділом на види сумішей. При серійному, дрібносерійному й одиничному виробництві, коли відсутні докладні технологічні відомості, витрати стержневих сумішей визначають за середніми нормами витрат суміші на 1 т придатних виливків у залежності від їхньої маси [3].

Загальні річні витрати формувальних і стержневих сумішей збільшують на 10...15 % для обліку витрат сумішей при транспортуванні, формуванні й т.д. Знаючи повну річну витрату сумішей за розмірами форм і групами стержнів та їхні рецепти, розраховують витрати компонентів сумішей. Ці дані використовують у розрахунках складів і

сумішоприготувального устаткування.

Приготування формувальних сумішей для автоматизованих і комплексно-механізованих формувальних ліній варто робити в автоматизованих сумішоприготувальних системах на базі бігунів безупинної і періодичної дії, типові комплекти технологічного устаткування яких випускаються підприємствами Мінстанкопрому [7]. Для кожної формувальної лінії, як правило, передбачають індивідуальну сумішоприготувальну систему.

При цьому розраховується не необхідна кількість, а необхідна продуктивність Π_p , м³/г заданої кількості сумішоприготувальних систем:

$$\Pi_p = \frac{G_{\text{ну}} \cdot \kappa_{\text{н}}}{\Phi_e \cdot n_{\text{сс}}} \quad (3.1)$$

де; $G_{\text{ну}}$ – річна кількість не ущільненої формувальної суміші, м³;

$\kappa_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи сумішоприготувальних систем і споживання суміші;

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи сумішоприготувальних систем, г;

$n_{\text{сс}}$ – число сумішоприготувальних систем.

Кількість сумішоприготувальних систем, що приймається в проєкті $\Pi_{\text{пр}}$ має обиратися таким чином, щоб забезпечити їх завантаження з

коефіцієнтом $\kappa_{\text{в}} = \frac{\Pi_p}{\Pi_{\text{пр}}} = 0,7 \dots 0,85$.

При виготовленні форм на машинах чи за допомогою пісcomedів, а також для виготовлення стержневих сумішей допускається створення спеціальних сумішоприготувальних ділянок на базі змішувачів періодичної і безупинної дії [5].

Розрахунок необхідної кількості змішувачів здійснюється за загальноприйнятою формулою для розрахунку числа устаткування:

$$n_{\text{зм}} = \frac{G_{\text{ну}} \cdot \kappa_{\text{н}}}{\Phi_e \cdot \Pi_p} \quad (3.2)$$

де $n_{\text{зм}}$ – число змішувачів;

$G_{\text{ну}}$ – річна кількість не ущільненої формувальної чи стержневої суміші, м³;

$\kappa_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності роботи змішувачів і споживання суміші;

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи змішувачів, г;
 P_p – розрахункова годинна продуктивність змішувачів, м³.

Змішувачем однієї і тієї ж моделі можна робити формувальну суміш різного призначення і стержневу суміш, але продуктивність агрегату при цьому буде різною. Для визначення розрахункової продуктивності змішувача, необхідно обсяг його чаші розділити на час перемішування тієї чи іншої суміші [3]. При одержанні самотверднучих сумішей різного складу, в якості розрахункової продуктивності змішувача приймається його паспортна продуктивність [5].

Готова суміш зі змішувачів автоматично видається й доставляється в бункери-відстійники, а потім розподіляється по бункерах, розташованих над формувальними чи стержневими машинами. Для розпушування суміші після виходу з бункерів-відстійників застосовують аератори. Самотверднучі суміші, вилежуванню й розпушуванню не піддають.

У ливарних цехах крупносерійного й масового виробництва виливків формувальні і стержневі суміші готують безпосередньо в лініях по виготовленню форм і стержнів. Це є технологічно необхідним для самотверднучих сумішей, а для пісчано-глинистих сумішей дозволяє скоротити витрати на транспортні засоби і зменшити висихання суміші при перевезеннях.

У ливарних цехах одиничного, дрібносерійного й серійного виробництва лиття з великою номенклатурою сумішей, як правило, проєктують одне центральне сумішоприготувальне відділення для виготовлення усіх формувальних і стержневих сумішей. Це дозволяє зручно маневрувати потужностями сумішоприготувального устаткування й одержувати різні за складом суміші в різній кількості.

Виливки, вибиті з ливарних форм, проходять визначений по тривалості цикл охолодження, після чого їх передають у термообрубувальне відділення, де шляхом проведення ряду операцій поліпшують їхні фізико-механічні властивості й надають їм товарний вигляд. Технологічний процес обробки виливків, що характеризується числом, послідовністю й особливостями виконання операцій, установлюють з урахуванням роду сплаву, габаритних розмірів, маси й конфігурації виливків.

У термообрубувальному відділенні виконуються такі операції:

– відбиття чи відрізка ливників, що може здійснюватись в галузевих барабанах, на кривошипних пресах, за допомогою ексцентриккових прес-гострозубців, верстатів зі стрічковими й дисковими пилками, а також полум'ям газокисневих різаків;

- очищення лиття від пригару й окалини, яке здійснюється гальтувальним, дробометальним, дробоструменевим, вібраційним, гідравлічним, електрогідравлічним, електрохімічним й газовим методами;

- видалення стержнів з виливків, що частково або цілком для деяких виливків відбувається під час їхнього очищення, а для тих, що важко видаляються застосовують вібраційні установки, дробометальні, гідравлічні й електрогідравлічні камери;

- обробування й зачищення виливків виконуються пневматичними молотками й зубилами, спеціальними установками, які забезпечені абразивними кругами, спеціальними вібраційними машинами на заточувальних шліфувальних верстатах;

- виправлення дефектних виливків може відбуватися шляхом забивання поверхневих нерівностей мастиками й замазками, газовою чи електричною заваркою, просоченням спеціальними сполуками для усунення пористості;

- термічна обробка виливків може проводитися для зняття внутрішніх напружень і поліпшення оброблюваності виливків, для надання металу визначеної структури й одержання заданих фізико-механічних властивостей, операції і режими термічної обробки призначають з урахуванням вимог до якості одержуваних виливків відповідно до технічних умов і виконують у термічних печах різних конструкцій;

- ґрунтовку виливків, яку застосовують для запобігання виливків від корозії, проводять густою фарбою в прохідних чи тупикових фарбувальних камерах;

- контроль виливків може бути проміжний, у процесі очищення, обробки й зачищення лиття, й остаточний – перед його ґрунтовкою;

- вид контролю призначається в залежності від службових властивостей, які пред'являються до виливків.

Не кожен виливок навіть у одному і тому самому ливарному цеху піддається всім чи одним і тим самим операціями. Тому при проектуванні розглянутих відділень доцільно передбачити для кожного виливка чи групи виливків необхідні технологічні операції. Кількість виливків, що піддається тій чи іншій технологічній операції, подано у відповідній відомості (форма 3.1).

Для виконання перерахованих операцій вибирається відповідне устаткування [5], які розміщуються у відділенні в суворій послідовності виконання операцій із дотриманням потокового методу обробки виливків.

Форма 3.1 – Кількість виливків, що підлягають обробці в очисному відділенні

№ виливка	Річна програма		Підлягає обробці, од. або т									
	од.	т	Гальувальний барабан	Дробометний барабан	Дробометна камера	Заточення	Гідроочищення	Обрубання	Термообробка	Правка	Гідро-випробування	Старіння
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Для створення потокових ліній необхідно дотримуватися послідовності операції обробки виливків, що залежить від матеріалу виливків і технологічного процесу їхнього одержання.

Сірий чавун – відбивання ливників; очищення й видалення стержнів; обробка абразивним інструментом; обрубання; контроль якості; виправлення дефектів; фарбування; приймання.

Ковкий чавун – відбивання ливників; очищення і видалення стержнів; контроль якості; обробка абразивним інструментом; обрубання; відпал; повторне очищення; виправлення; фарбування; приймання.

Сталь – обрізання ливників; очищення і видалення стержнів; контроль якості; обробка абразивним інструментом; обрубання; заварка дефектів; термообробка; повторне очищення; виправлення; фарбування; приймання.

Режими термічної обробки призначають з урахуванням вимог до якості одержуваних виливків відповідно до норм технологічного проектування [3].

Устаткування для термічної обробки вибирають у залежності від її виду, маси і габаритних розмірів виливків, а також від характеру виробництва [5]. У масовому і крупносерійному виробництві застосовуються методичні печі штовхаючого, конвеєрного, елеваторного і тунельного типів, а в серійному й одиничному виробництвах - камерні печі періодичної дії.

Розрахунок кількості однотипних термічних печей, як й іншого технологічного устаткування термообрубувальних відділень, ведеться

за формулою (1), у якій n_p – розрахункове число однотипного устаткування, необхідного для проведення фінішної обробки виливків протягом року; B – маса виливків, що проходять обробку на устаткуванні даного виду протягом року, т; κ_n – коефіцієнт нерівномірності, Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи устаткування, г; Π – годинна продуктивність устаткування, т.

Продуктивність термічних печей, т/г, визначається за такими формулами:

– камерних:

$$\Pi = \frac{m}{t}, \quad (3.3)$$

– прохідних з пульсуючим циклом

$$\Pi = \frac{L_p \cdot m_1}{t \cdot L}, \quad (3.4)$$

– конвеєрних

$$\Pi = V_k \cdot m_2, \quad (3.5)$$

де, m – завантаження печі, т чи од.;

t – цикл термообробки, г;

L_p – довжина печі, м;

m_1 – маса чи кількість виливків на одному піддоні, т чи шт.;

L – довжина піддону, м;

V_k – швидкість конвеєра, м/г;

m_2 – маса чи кількість виливків на одному метрі конвеєра печі, т чи од.

Величини садки печі, маси чи кількості виливків на одному піддоні чи на одному метрі конвеєра печі визначають через питоме навантаження на под печі [5].

Завершальною операцією в циклі виготовлення виливків є ґрунтовка, технологічний процес якої містить у собі такі операції: підготовку поверхні виливків, ґрунтовку й сушіння виливків після фарбування. Для виконання цих операцій створені установки прохідного типу. Вибір устаткування для ділянки ґрунтовки визначається розважуванням лиття й потужністю ділянки [5].

Зміст звіту

1. Розрахунок кількості формувальних і стержневих сумішей на річну програму цеху.
2. Розрахунок кількості формувальних матеріалів для виготовлення відповідних сумішей.
3. Вибір й розрахунок кількості сумішоприготувального устаткування.
4. Планування сумішоприготувального відділення.
5. Відомість термообрубувального відділення (форма 3.1).
6. Вибір й розрахунок кількості устаткування для виконання фінішних операцій.
7. Планування термообрубувального відділення.

4 Лабораторна робота 4 ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДІВ І ДОПОМІЖНИХ ВІДДІЛЕНЬ ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ

Мета роботи

Визначення площі й розробка планування складів шихтових і формувальних матеріалів, визначення площі складів для оснащення, стержнів, виливків, визначення необхідності і проектування допоміжних ділянок ливарного цеху.

Тривалість лабораторної роботи – 2 г.

Теоретична частина

Ливарні цехи споживають велику кількість різноманітних матеріалів для виготовлення форм і одержання рідких металів. Проектними завданнями для цих цехів передбачено, що необхідний для безперебійної роботи запас матеріалів зберігається на складах цеху, які розташовуються в прольотах, що прилягають до плавильного й сумішоприготувального відділень.

Крім цього, у ливарних цехах проектують склади ливарного і стержневого оснащення, стержнів, виливків. У ливарних цехах мають бути передбачені комори й лабораторії і цілий ряд допоміжних ділянок: ремонту устаткування, ковшів, позапічної обробки рідкого мета-

лу, підготовки шихти й формувальних матеріалів, підготовки оборотної суміші й деякі інші.

Для розрахунку ємностей складів і систем механізації необхідно знати кількість матеріалів, які споживає цех. Річну витрату основних матеріалів визначають на основі підсумкових даних розрахунків металозавалки й компонентів шихти, а також кількості і складових усіх сумішей, які застосовують у цеху.

Кількість споживаних цехом неметалічних складових шихти (флюсів, палива) визначають за середніми даними [5].

Витрата коксу при плавці у вагранках з холодним дуттям можна прийняти в кількості 14...16 %, а при плавці з гарячим дуттям 9...11 % маси завалки. Витрати шамотних вогнетривких виробів приймають 40...50 кг на 1 т придатних чавунних або сталевих виливків, а високовогнетривких матеріалів для сталеливарних цехів у кількості 30...40 кг на 1 т річних виливків. Витрати допоміжних матеріалів установлюють на підставі прийнятих нормативних даних на кожний вид виробу [5].

Дані про річні витраті основних і допоміжних матеріалів зводять у відомість (форма 4.1).

Склади шихтових і формувальних матеріалів можуть бути розраховані відповідно до норм запасу цих матеріалів на складі [3].

Форма 4.1 – Відомість витрат матеріалів на річний випуск

Матеріал	Витрати матеріалу за рік $Q_{\text{ош}}, \text{т}$	Термін зберігання в складі, днів	Запас на складі $B, \text{т}$	Насипна маса матеріалу $\gamma, \text{т} / \text{м}^3$	Об'єм матеріалу, м^3	Висота зберігання $H, \text{м}$	Зайнята площа, м^2
----------	---	----------------------------------	----------------------------------	---	----------------------------------	------------------------------------	--------------------------------

Примітка: у дану відомість послідовно вносяться шихтові матеріали, паливо, вогнетривкі, формувальні й допоміжні матеріали; для кожного матеріалу визначають підсумкові дані щодо зайнятої площі.

Загальна площа складу $S_{\text{с}}$:

$$S_{\text{с}} = S_{\text{т}} + S_{\text{з}} + S_{\text{е}} + S_{\text{пп}}, \quad (4.1)$$

де, $S_{\text{т}}$ – площа технологічних ділянок складу, яка включає площу зайняту устаткуванням, проходами і залізничними введеннями, м^2 ;

$S_{\text{з}}$ – площа засіків, м^2 ;

$S_{\text{е}}$ – площа, зайнята внутрішніми естакадами і місцями для розван-

таження матеріалів, м^2 ;

$S_{\text{пп}}$ – площа, зайнята пристроями для подачі матеріалів у виробництво, м^2 .

Розрахунок площі засіків складів шихтових матеріалів ведеться за формулою, м^2 :

$$S_{\text{зш}} = 1,1 \cdot (S_1 + S_2 + \dots + S_n), \quad (23)$$

де 1,1 – коефіцієнт збільшення розрахункової площі засіків для обліку їхнього фактичного заповнення;

$S_1, S_2, \dots, S_n$ – розрахункові площі засіків для відповідних компонентів шихти, м^2 .

Площі засіків для окремих компонентів шихти $S_{\text{зош}}$, м^2 :

$$S_{\text{зош}} = \frac{Q_{\text{ош}} \cdot T}{365 \cdot g \cdot H} \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{ош}}$ – річні витрати окремого компонента шихти, т;

T – термін зберігання в складі, днів;

g – насипна маса даного матеріалу, т/м^3 ;

H – висота збереження компонента шихти, м.

Для складів формувальних матеріалів площі засіків визначають за наступною формулою:

$$S_{\text{зф}} = 1,20 \dots 1,25 \cdot (S_1 + S_2 + \dots + S_n), \quad (4.3)$$

де $S_{\text{зф}}$ – сумарна площа засіків для формувальних матеріалів, м^2 ;

Інші позначення ті ж, що у формулі (23), але для формувальних матеріалів.

Розрахункова площа засіку для будь-якого формувального матеріалу:

$$S_{\text{зфм}} = \frac{Q \cdot a_1 \cdot B}{\Phi_e \cdot H \cdot g}, \quad (4.4)$$

де Q – річний випуск придатного литва, т;

a_1 – норма витрат відповідного матеріалу на одну тонну придатного лиття, т;

Інші позначення ті ж, що й у формулі (24) відповідно для формувальних матеріалів.

Площа

$$S_e = m \cdot L \cdot n \quad (4.5)$$

де m – ширина місця розвантаження (при естакадному розвантаженні $m = 6 \dots 8$ м);

L – довжина однієї естакади, м;

n – число естакад на складі.

Площа, займана прийомними пристроями для подачі матеріалів у виробництво $S_{\text{пр}}$, складає 10...15 % корисної площі складу.

На складах варто передбачити місця для прийому і сортування матеріалів, площа яких приймається до 10 м² на 1000 т придатного литва. Площа на проходи і проїзди складає 10...15 % корисної площі.

Для цехів дрібносерійного виробництва виливків площу складів можна визначити за припустимими навантаженнями на одиницю площі:

$$S_n = \frac{B}{H_{\text{прип}}}, \quad (4.6)$$

де S_n – корисна площа збереження матеріалів, м²;

B – норма запасу матеріалу на складі, т;

$H_{\text{прип}}$ – середнє припустиме навантаження на 1м² підлоги складу, т/м². Для складів шихтових матеріалів $H_{\text{прип}} = 1,5...6,0$ т/м², для складів формувальних матеріалів $H_{\text{прип}} = 2,0...7,0$ т/м².

Площі складів стержнів, виливків, моделей, опок і стержневих шухляд розраховуються також за формулою (28), відповідно до норм, які приведені в посібнику [5].

Корисна площа для збереження добового запасу сухих стержнів в цехах дрібносерійного та індивідуального виробництва:

$$S_{\text{ст}} = \frac{16 \cdot N \cdot S \cdot \kappa_1}{\Pi}. \quad (4.7)$$

У приведеній формулі: $16 \cdot N$ – добова кількість стержнів, яка підлягає збереженню на складі, шт. (16 – годин роботи складальної ділянки на добу, г);

S – площа, займана найбільшим стержнем, м²;

κ_1 – коефіцієнт усереднення розмірів стержня;

Π – поверховість збереження стержнів [5].

Для визначення загальної площі складу для збереження запасу стержнів розраховану корисну площу множать на норму запасу [5] і на коефіцієнт 1,4 враховуючий площу проходів.

Корисна площа для збереження стержневих шухляд протягом доби в цехах дрібносерійного та індивідуального виробництва:

$$S_{\text{ящ}} = \frac{16 \cdot N_1 \cdot S_1 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3}{\Pi}, \quad (4.8)$$

де $16 \cdot N_1$ - добова кількість стержневих шухляд, шт;

S_1 - площа, займана найбільшою шухлядою, м^2 ;

κ_1 - коефіцієнт усереднення розмірів шухляди;

κ_2 - коефіцієнт серійності виливків;

κ_3 - коефіцієнт повторюваності стержня на форму [5].

Загальна площа цього складу визначається множенням розрахованої корисної площі збереження стержневих шухляд протягом доби на норму запасу їхнього збереження [5] і на коефіцієнт, що враховує площу проходів (для стержневих шухляд обсягом до $0,1 \text{ м}^3$ - цей коефіцієнт дорівнює 2, а для шухляд обсягом $0,1...0,7 \text{ м}^3$ - 1,5).

Ділянка ремонту устаткування

В сучасних ливарних цехах на цих ділянках здійснюють тільки текучий ремонт обладнання та устаткування. Ця ділянка працює в дві зміни.

Площа означеної ділянки розраховується виходячи з необхідної кількості робочих місць слюсарів та верстатників, яку визначають згідно норм, наведених в [3, 5]

Площа на один верстат складає $8...10 \text{ м}^2$, на одне робоче місце слюсаря - $4...6 \text{ м}^2$. Ці дані дозволяють визначити сумарну площу ремонтної ділянки.

Верстатний парк цехових ремонтних майстерень складається з токарських (40 %) свердлильних (20 %), фрезерних (15 %), стругальних (10 %) й інших верстатів.

Для визначення площі ділянки ремонту устаткування визначають необхідну кількість верстатів та робочих місць слюсарів [5] і множать на відповідну необхідну площу. Отриману сумарну площу множать на коефіцієнт, що враховує необхідну додаткову площу. Для металорізальних верстатів та робочих місць слюсарів при площі, що необхідна на їх розташування понад 20 м^2 цей коефіцієнт дорівнює 1,5; при $10...20 \text{ м}^2$ - 2; при $6...10 \text{ м}^2$ - 2,5 і при $4...6 \text{ м}^2$ - 3 і т.д.

В посібнику [5] також наведено дані щодо необхідної площі складів відповідного інструменту.

Для майстерень енергетика цеху й ремонту модельно-опокового парку передбачається додаткова площа - $60...80 \text{ м}^2$.

Ділянки ремонту ковшів і футеровки плавильних печей

Ковшова ділянка призначена для капітального ремонту і футеровки ковшів, а також набору зводів електродугових печей. При стопорному розливанні сталі на цих ділянках роблять також набір і сушіння стопорів. У лабораторній роботі 2 були приведені дані щодо визначення величини парку ковшів (15 % парку ковшів знаходиться в ремонті). Для ремонту й футеровки зазначеного устаткування на цій ділянці виділяють робочі місця. Для сушіння й розігріву заново футерованих ковшів чи для розігріву ковшів після перерви застосовують стенди, опалювальні газом. Зводи печей сушать безпосередньо при першій плавці, а стопори – у спеціальних сушарках у підвішеному стані.

Вагранки футерують і сушать безпосередньо на місці установки. Електродугові й індукційні печі футерують або на місці установки, або при наявності запасних печей виділяють місця для футеровки. Тоді у випадку виходу з ладу експлуатованої печі, її міняють місцями зі знову зафутерованою, а сушіння футеровки роблять на місці експлуатації печі.

Усі вогнетривкі матеріали для виконання зазначених робіт приготують на ковшовій ділянці де установлюють відповідне устаткування.

Цю ділянку розміщують найчастіше в плавильному відділенні, у тому ж прольоті де здійснюють розливання рідкого металу. Площа ділянки приймається з розрахунку $10...18 \text{ м}^2$ на 1000 т придатного лиття на рік.

Ділянка позапічної обробки рідкого металу

При виробництві виливків з модифікованого чи високоміцного чавуну в плавильному відділенні передбачають площі для розміщення відповідного устаткування.

Широке застосування одержав чавун, модифікований магнієм. Для модифікування застосовують герметичні камери, де процес протікає при тиску повітря в 3...6 атм., чи герметичні ковші, де обробка чавуну виробляється при надлишковому тиску пар магнію.

Для поліпшення якості сталі (підвищення ефективності процесів дефосфорації, десульфурзації і розкислення) застосовують позапічну обробку сталі синтетичними шлаками. Для плавки синтетичних шлаків у плавильному відділенні встановлюють спеціальні дугові печі, а для процесу обробки сталі збільшують парк ковшів, використовуючи

ковші більшої місткості, чим розливні, і виділяють додаткові площі.

Для дегазації сталі, виплавленої у відкритій печі, можна застосовувати вакуумну обробку рідкої сталі в спеціальному ковші чи камері, або продувку рідкого металу інертними газами.

Усе зазначене устаткування розміщується в плавильному відділенні на додаткових площах, розміри яких визначаються плануванням цих ділянок.

Ділянка підготовки шихти

Для підготовки шихти й подачі її у виробництво на складах шихти організовують ділянки просівання коксу, дроблення вапняку, очищення ливників, складання шихти. В якості технологічного устаткування на складах шихти використовують чушколоми, дробарки, копери, алігаторні ножиці, барабани беззупинної дії, установки для просівання коксу і дроблення вапняку.

Для зважування складових шихти застосовуються стаціонарні шихтувальні ваги, кранові ваги і електровагові візки. До ваговимірювальних пристроїв металеві компоненти подаються по двох системах: через видаткові бункери з траковими, вібраційними й інерційними живильниками; з видаткових засіків за допомогою мостового крана з електромагнітною шайбою з регульованою вантажопідйомністю. Немагнітні компоненти шихти подаються до дозуючих пристроїв за допомогою вібраційних живильників.

Для зниження витрат електроенергії, підвищення продуктивності печей і поліпшення санітарно-гігієнічних умов в останні роки при плавці в електропечах організовують попередній підігрів шихти, після її завантаження в завалочні ємності в камерних чи тунельних печах на спеціальних стендах. Установку для підігріву шихти звичайно вбудовують у систему набору і зважування.

Площі, виділені для перерахованих ділянок, залежать від призначення цеху й масштабу виробництва, а проектувати рекомендується при складах шихтових матеріалів у безпосередній близькості від плавильних агрегатів.

Ділянка підготовки свіжих формувальних матеріалів

На цій ділянці здійснюється сушіння піску, дроблення й роздрібнення глини, підготовка закріплювачів, роздрібнення вугілля й деякі інші операції.

Для сушіння піску і глини застосовують звичайно барабанні сушарки, а при наявності пневмотранспорту сушіння роблять у пневмопотоках гарячих газів.

Роздрібнення вугілля і глини здійснюється в млинах різної конструкції (кульових, вальцових, молоткових, конусних). Просівання матеріалів роблять на полігональних і механічних ситах.

Ділянки підготовки формувальних матеріалів рекомендується організовувати біля складів формувальних матеріалів.

Ділянка регенерації піску

Призначення даної ділянки складається у виділенні з відвальних, непридатних до безпосереднього вживання сумішей піску і металевих включень.

Підготовка сирих глинистих оборотних сумішей полягає в роздавлюванні грудок (за допомогою гладких вальців або в процесі просівання), витягуванні й видаленні металевих включень (за допомогою магнітних сепараторів), охолодженні й стабілізації заданих температур і вологості, які здійснюються в гомогенізаторах різної конструкції.

Регенерація піску зі стержневих сумішей і із сухих та підсушуваних форм виробляється за більш складною схемою. Для здійснення цього процесу існують "мокрі", "сухі" і "комбіновані" схеми регенераційних систем. Більш універсальними є комбіновані системи, у яких пилоподібні глинисті частки видаляють за допомогою води, а ряд операцій виконуються в повітряному середовищі. При цьому вода і повітря, що беруть участь у процесах регенерації, мають бути, у свою чергу, очищені до встановлених норм.

Існує три типорозміри комбінованих базових моделей регенераційних установок, до складу яких входить відповідне устаткування [5].

Процес підготовки оборотної самотверднучої суміші проводять для звільнення піску від залишків зв'язуючого і дрібних фракцій. Регенерацію самотверднучих сумішей поділяють на три види; "механічну" (суху), "мокру" і "термічну".

Після завершення циклу регенерації одержують сухий пісок, який за якістю відповідає свіжому піску (до 1 % глинистої складової); оборотну воду – попереднього освітлення (менше 4 г/л зважених часток) і повного освітлення (менше 0,2 г/л зважених часток); металеві магнітні відходи, великі сухі відходи з розміром часток більше 4 мм і дрібні пилоподібні відходи у виді відвального згущеного шламу.

При проектуванні нових ливарних цехів рекомендується ділянку переробки відвальних сумішей розміщувати в ізольованому приміщенні поблизу ділянки одержання регенованого піску на складах формувальних матеріалів, а місце освітлення води розташовувати в окремому будинку (приміщенні) чи тут же на складі формувальних матеріалів.

Лабораторії і комори

У ливарному цеху організовують експрес-лабораторію для хімічного і спектрального аналізів виплавлюваних сплавів і експрес-лабораторію для поточних аналізів якості формувальних і стержневих сумішей. Ці лабораторії розташовують безпосередньо у виробничих відділеннях чи побутових приміщеннях цеху. Площі лабораторій у залежності від потужності проектованого цеху визначають згідно існуючих норм [3].

Для збереження допоміжних матеріалів у цеху організовуються комори (загальна цехова, інструментальна обробувального відділення, матеріальна ґрунтувального відділення, цехових механіка й електрика).

Площа, зайнята коморами, вибирається за середніми нормами у залежності від характеру виробництва [3].

Зміст звіту

1. Відомість витрати основних і допоміжних матеріалів на річний випуск виливків.
2. Розрахунок площ складів шихтових і формувальних матеріалів, стержнів, модельного і стержневого оснащення.
3. Розрахунок площ допоміжних ділянок, комор і лабораторій ливарного цеху.
4. Планування складів шихтових і формувальних матеріалів.

5 Лабораторна робота 5 КОМПУНУВАННЯ ПЛАНУ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

Мета роботи

Розробка загального планування цеху й нанесення на нього усіх вантажопотоків, визначення обсягу всіх перевезених вантажів, підбір і розрахунок кількості підйомно-транспортного устаткування.

Теоретична частина

Основою об'ємно-планувального рішення цеху є технологічна схема процесу одержання виливків, обумовлена призначенням, потужністю і складом проектного цеху. Відповідно до технологічної схеми процесу розробляють основні архітектурні рішення будинку, визначають його габаритні розміри, поверховість, розміри прольотів і розміщення виробничих, допоміжних та адміністративно – побутових приміщень.

Розраховані і спроектовані на минулих лабораторних роботах основні відділення, склади й допоміжні ділянки визначили склад проектного цеху, що дозволяє розробити технологічну схему одержання виливків.

При розробці технологічної схеми потрібно передбачити розміщення найлюдяніших і відповідальних виробничих відділень і ділянок у більш комфортних приміщеннях.

Варто також враховувати особливості транспортних зв'язків між відділеннями цеху, обсяг і транспортабельність переміщуваних вантажів. З цією метою необхідно забезпечити:

- найкоротші і зручні шляхи і способи передачі рідкого металу, температура якого швидко знижується, що призводить до погіршення його ливарних властивостей;
- значні вантажопотоки готових формувальних і стержневих сумішей, а також використаних формувальних матеріалів;
- цілісне транспортування крихких стержнів;
- безперебійну подачу шихтових матеріалів і багаторазову передачу виливків від операції до операції з моменту їх вибивки й аж до передачі на склад.

Тому у всіх схемах ливарних цехів поруч розташовують склад шихти, плавильне і заливальне відділення; сумішоприготувальне, фо-

рмувальне і стержневе відділення. Стержневе відділення одночасно наближують до складальної ділянки формувального відділення. У типових схемах часто розташовують поруч формувальні й обрубувальні відділення, але це не є обов'язковим, тому що дуже часто транспортування виливків в обрубувальне відділення після вибивки з форм сполучають із процесом їхнього охолодження. Видаткові склади свіжих і регенерованих пісків як правило розміщують у "силосних" вежах поза цехом, біля основних споживачів цих матеріалів. Проміжні склади моделей і стержневих шухляд розташовують у безпосередній близькості від формувальних і стержневих машин.

У зв'язку з вищевикладеним у практиці проектування виробилися певні рекомендації з взаємного розташування основних відділень у ливарному цеху.

У цехах з малою і середньою механізацією технологічних і транспортних операцій плавильне відділення розташовують, як правило, по центру відносно формувально-заливно-вибивального; стержневе відділення проектує у прольотах, суміжних з формувально-складальним; сумішоприготувальне відділення має бути також у безпосередній близькості з формувальними і стержневими відділеннями, а очисні розміщують або в торцях вибивних ділянок, або в окремому поперечному прольоті, що примикає з торця формувально-складального.

У конвеєрних ливарних цехах переважно торцеве розташування плавильного відділення; стержневе відділення може розташовуватися у прольоті, суміжному з формувальним відділенням, відособлених прольотах і навіть в окремих корпусах; сумішоприготувальне відділення розміщують у торцевій частині цеху уздовж вибивних ділянок, а очисне, як правило, організовують в окремих корпусах.

При компонованні цехів по виробництву виливків спеціальними методами прагнуть скласти потокову схему технологічного процесу одержання виливків.

На рисунках 5.1 та 5.2 приведені компоновальні схеми цехів по виробництву виливків у піщаних формах та спеціальними методами лиття.

Схеми А1 і А2 (рис. 5.1) показують компоновання цехів у великогабаритному двоповерховому будинку, їх використовують для чавуноливарних цехів масового і крупносерійного виробництва дрібних і середніх за масою виливків. Особливість цих схем складається в по-

слідовному розміщенні виробничих відділень, що приводить до значного подовження будинків. Приведені схеми характерні для ливарних цехів автомобільних заводів.

На схемі Б (рис. 5.1) приведене компонування сталеливарного цеху або цеху ковкого чавуну автомобільного заводу. Відділення розташовуються в будинку різної поверховості, тому що, в подібних цехах установка важких і громіздких термічних печей на другому поверсі не раціональна.

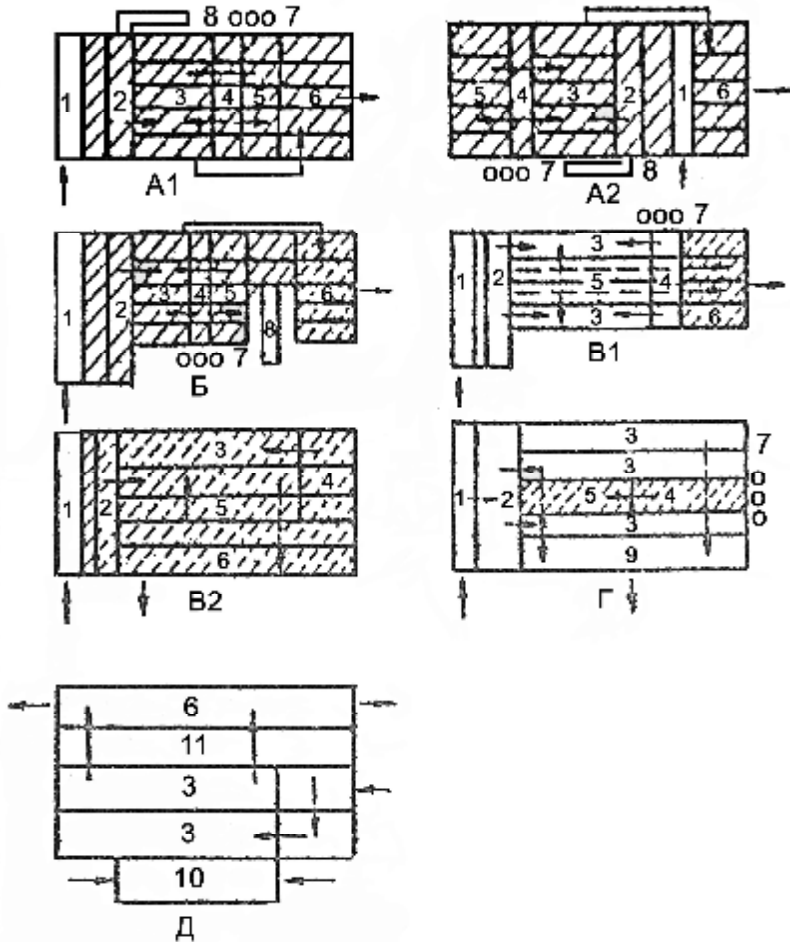
Компонування відділень за схемами В1 і В2 (рис. 5.1) здійснюються для чавуно- і сталеливарних цехів серійного і дрібносерійного виробництва виливків будь-якої маси. Особливість схем у використанні будинків різної поверховості при комбінації подовжніх і поперечних вантажопотоків. Ці схеми широко застосовують при проектуванні цехів заводів центролитів.

Схема Г (рис. 5.1) найхарактерніша для цехів, що роблять середні й великі за масою виливки з високо марганцевої сталі. Усі прольоти, за винятком стержневого, розташовують у одноповерховому будинку, що дає можливість найраціональніше розмістити важке технологічне устаткування.

За схемою Д (рис. 5.1) зроблене компонування цеху виливниць. Особливості планування полягають у тому, що замість плавильного відділення, властивого усім ливарним цехам, наявне відділення підготовки доменного чавуну до розливання. Між обрубувальним відділенням і іншою частиною цеху розташовано відкриту естакаду, основне призначення якої складається в скороченні тривалості охолодження залитих виливниць.

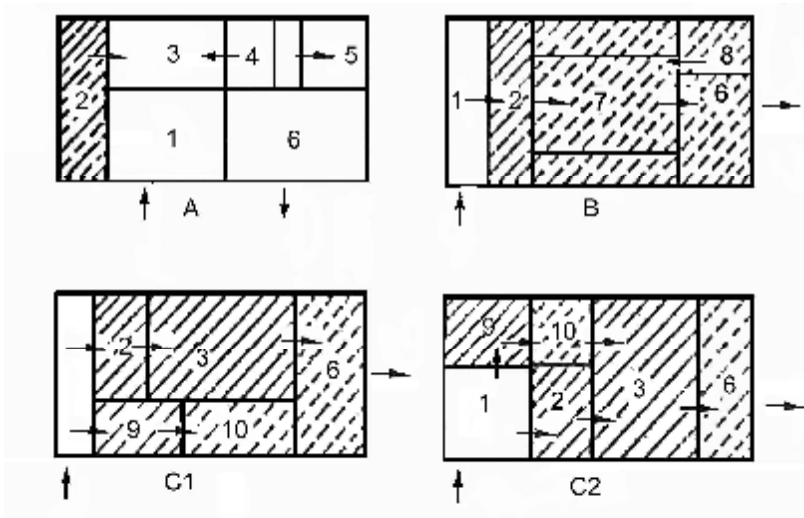
Схема А (рис. 5.2) є типовою для розміщення відділень і ділянок цеху лиття за витоплюваними моделями невеликої потужності. Такі схеми характерні для заводів моторобудівної, автомобільної і тракторної промисловості.

Для цехів лиття під тиском і в кокіль не існує характерних схем, так, як більшість цехів машинобудівних заводів спроектовано при сполученні цих двох способів лиття. Тобто, в одному цеху проектують відділення для одержання виливків у кокіль і відділення виготовлення лиття під тиском. Тому на схемі В (рис. 5.2) приведене компонування цеху лиття під тиском, а на схемах С1 і С2 того ж малюнка – цехів одержання виливків у кокіль, що не є характерними, але можуть бути використані при проектуванні подібних цехів.



1 – склад шихти; 2 – плавильне відділення; 3 – формувальне відділення; 4 – сумішоприготувальне відділення; 5 – стержневе відділення; 6 – обрубувальне відділення (і ґрунтувальне) відділення; 7 – силоси для піску; 8 – пандус; 9 – вибивне відділення; 10 – відділення підготовки доменного чавуну до розливання; 11 – відкрита естакада; 12 – склад формувальних матеріалів.

Рисунок 5.1 – Компонувальні схеми ливарних цехів по виробництву виливків у піщаних формах



Позначення поверхів: 1 1 або 2 2

1 – склад шихти і формувальних матеріалів; 2 – плавильне відділення; 3 – заливальне; 4 – виготовлення форм; 5 – виготовлення моделей; 6 – фінішних операцій; 7 – ливарне і насосне відділення; 8 – підготовки і ремонту пресформ; 9 – сумішоприготувальне; 10 – стержневе.

Рисунок 5.2 – Компонувальні схеми ливарних цехів по виробництву виливків спеціальними методами

Зв'язок між виробничими відділеннями й ділянками ливарного цеху, що полягає в переміщенні великої кількості насипних і штучних вантажів, здійснюється за допомогою внутрішньоцехового транспорту, що включає усі види підйомно-транспортних засобів, призначених для виконання технологічного процесу виготовлення виливків.

До внутрішньоцехового відноситься транспорт періодичної і безупинної дії, а також допоміжні механізми і пристрої.

Транспорт періодичної дії – це мостові й консольні крани, кранбалки, електротельфери, пневматичні й механічні підйомники (у тому числі скіпові), механізовані візки, а також пневмо- і гідротранспорт.

Звичайно, розрахунок кількості мостових і консольних кранів n_k ведеться за збільшеними даним:

$$n_k = \frac{Q_p \cdot H}{\Phi_e}, \quad (5.1)$$

для плавильних відділень обладнаних тигельними індукційними печами промислової частоти:

$$n_k = \frac{\Phi_{еп} \cdot \Pi \cdot H_1 \cdot n_{п}}{Q_m \cdot \Phi_e}, \quad (5.2)$$

для плавильних відділень, обладнаних дуговими електропечами:

$$n_k = \frac{\Phi_{еп} \cdot \Pi \cdot H_2 \cdot n_{п}}{\Phi_e}, \quad (5.3)$$

де n_k – розрахункова кількість мостових кранів, од.

Q_p – річний випуск придатних виливків, т;

H – витрати часу роботи крана на одержання 1 т придатних виливків, крано-годин [3];

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи мостового крана, г;

$\Phi_{еп}$ – ефективний річний фонд часу роботи плавильної печі, г;

Π – годинна продуктивність печі, т;

H_1 – витрати часу роботи крана на одну плавку, крано-годин [3];

H_2 – витрати часу роботи крана на 1 т виплавлюваного металу, крано-годин;

$n_{п}$ – прийнята кількість електропечей, од.;

Q_m – одноразовий випуск рідкого металу в ківші (плавка), т.

Отримані розрахункові дані звіряють з можливістю нормально-го використання кранів по довжині зони обслуговування [3] й у випадку невідповідності роблять уточнення довжини і кількості прольотів, а також кількості і співвідношення мостових і консольних кранів.

Для обслуговування окремих робочих місць застосовують місцеві під'ємно-транспортні пристрої; поворотні консольні крани, кранбалки, монорельсові шляхи, електротельфери і пневмопідйомники. Подібні транспортні засоби не розраховують, а вибирають відповідно до їхніх технічних характеристик. Консольні крани і пневмопідйомники вантажопідйомністю від 0,1 до 1,0 т застосовують при довжині

ділянки обслуговування до 4 м, а електроталі вантажопідйомністю від 0,25 до 3,0 т і монорельсові шляхи – при довжині до 4,5 м. Кран-балки застосовують у прольотах шириною до 12 м.

Транспорт безупинної дії – це конвеєри різних типів і призначення, рольгангові лінії й елеватори.

Для транспортування ливарних форм при потоковому виробництві виливків найпоширеніше застосування горизонтально-замкнених візкових конвеєрів. Для переміщення форм і стержнів на піддонах, порожніх опок, виливків (у тарі, на піддонах чи без них, якщо виливки мають рівні опорні поверхні) застосовують роликові конвеєри (чи рольганги). Пластинчасті конвеєри застосовують для транспортування у горизонтальному і похилому напрямках дрібних й середніх гарячих і холодних виливків, ливників і надливків. У ливарних цехах дрібні виливки й ливники – навалом у металевих коробах і лотках, середні і великі виливки – на лотках чи крюкових і кліщових підвісках, стержні можуть передаватися на етажерках підвісних конвеєрів, траси яких виконані на складних просторових контурах.

Для переміщення формувальних пісків, готових і відпрацьованих сумішей, коксу, вапняку й інших подібних матеріалів у горизонтальному й похилому напрямках найширше використовують стрічкові контейнери, а у вертикальному напрямку стрічкові елеватори. Транспорт дрібнокускової глини, меленого вугілля часто здійснюється за допомогою гвинтових конвеєрів. Останнім часом у великих ливарних цехах для транспортування гарячої відпрацьованої суміші, виливків і ливників застосовують вібраційні конвеєри.

Розрахунок необхідної кількості транспорту безупинної дії здійснюється за його продуктивністю, а проектування – індивідуально у відповідності до технічних характеристик того чи іншого виду транспорту.

Для безупинної і порціонної видачі матеріалів з бункерів застосовують живильники, які за конструкцією аналогічні відповідним конвеєрам (стрічкові, пластинчасті, вібраційні та інші).

Окремий вид, здатний працювати як безупинно, так і періодично, представляє трубопровідний транспорт. По трубах у ливарних цехах подають воду, різні суспензії, закріплювачі й інші складові технологічного процесу. За допомогою гідротранспорту від установок гідровибивки й очищення, пульпа, що складається з води й відпрацьованих формувальних і стержневих сумішей, передається до регенерацій-

них установок. І, нарешті, особливе місце в переміщенні порошкоподібних, дрібнозернистих і дрібнокускових матеріалів грає пневмотранспорт, який здійснює транспортування зазначених матеріалів по трубопроводах у повітряному струмені.

У системах пневмотранспорту повітря по трубопроводу рухається внаслідок різниці тисків на початку і в кінці трубопроводу, створюване нагнітальними чи вакуумними насосами. Відповідно, пневмотранспортні установки бувають нагнітальної, усмоктувальної і змішаної дії. У ливарних цехах (заводах) пневматичний транспорт застосовують для передачі пилоподібної глини, бентоніту, вугілля, сухого формувального піску й інших матеріалів з одного місця до різних пунктів призначення, і навпаки, з багатьох місць до одного агрегату і навіть з різних ділянок у багато відділень чи цехів. Цей вид транспорту використовують для розвантаження матеріалів, їхній передачі зі складів до сумішоприготувальних установок, в лабораторії на аналіз ливарних проб у спеціальних патронах, пневмоприборки пилу, для обслуговування розмолотого устаткування.

Користуючись плануваннями виробничих відділень, створеними при виконанні попередніх лабораторних робіт, komponують план ливарного цеху. Шляхом порівняння декількох варіантів вибирають оптимальний план розташування відділень і потім склеюють чи наклеюють на єдиний лист паперу. Після цього кольоровими олівцями на плані цеху наносять усі вантажопотоки, які необхідно здійснювати в ливарному цеху для виконання технологічного процесу одержання придатного лиття. Для наочності рекомендується шлях пересування вантажів і матеріалів позначити кольоровими лініями:

рідкий метал	– червона суцільна;
гарячі виливки	– червона пунктирна;
холодні виливки	– синя суцільна;
придатні виливки	– синя пунктирна;
ливники і надливки	– коричнева суцільна;
брак виливків	– коричнева пунктирна;
свіжі компоненти	
формувальних сумішей	– жовта суцільна
стержні	– жовта пунктирна
готова формувальна суміш	– зелена суцільна
відпрацьована формувальна суміш	– зелена пунктирна

шихтові матеріали	– чорна суцільна;
модельне і стержневе	
оснащення	– чорна пунктирна;
готові й залиті форми	– фіолетова суцільна;
порожні опоки	– фіолетова пунктирна.

Напрямок пересування вантажів показують стрілками на лінії пересування.

Установивши шлях і напрямок вантажопотоків, визначають їхню потужність (тобто розраховують обсяг чи кількість переданих вантажів за одиницю часу) й підбирають відповідне підйомно-транспортне устаткування. Мостові й консольні крани з їхньою вантажопідйомністю наносять на план цеху. Інші види транспорту позначають написом над лінією, що вказує вантажопотік (наприклад, стрічковий конвеєр чи підвісна монорейка).

На завершення роботи складають специфікацію устаткування, яка є на плані спроектованого ливарного цеху. Специфікація виконується за формою 5.1.

Форма 5.1 – Специфікація технологічного і транспортного устаткування

Номер на плані	Найменування устаткування	Тип, модель	Коротка характеристика	Число	Потужність одиниць, кВт	Примітки
----------------	---------------------------	-------------	------------------------	-------	-------------------------	----------

Зміст звіту

Як звіт подається план спроектованого цеху з нанесеними кольоровими олівцями вантажопотоками. План цеху супроводжується повною специфікацією встановленого устаткування.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основы проектирования литейных цехов и заводов / Под ред. Е.В. Кнорре. – М.: Машиностроение, 1979. – 376 с.
2. Сперанский Б.С. Охрана окружающей среды в литейном производстве / Б.С. Сперанский, Б.Ф. Туманский. – Киев; Донецк: Выща школа, 1985. – 80 с.
3. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Литейные цехи и склады шихтовых и формовочных материалов. ОНТП 07-83. Минавтопром, 1984. – 194 с.
4. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Фонды времени работы оборудования и рабочих. ОНТП 06-80. Минстанкопром, 1980. – 16 с.
5. Туманський Б.Ф. Проектування ливарних цехів: Навч. посібник / Б.Ф. Туманський. – К.: НМК ВО, 1992. – 192 с. – Рос.
6. Логинов Н.Э. Проектирование литейных цехов. – Минск: Вышэйша школа, 1965. – 319 с.
7. Типаж технологического оборудования для литейного производства на 1986...1990 гг. – М.: ВНИИГЭМР, 1985. – 111 с.
8. Пелих В.Ф. Вибір та розрахунок обладнання плавильних відділень ливарних цехів: Навч. посібник / В.Ф. Пелих, О.І. Пономаренко – К.: ІСДО, 1993. – 224 с. – Рос.