

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**



**РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та індивідуальні завдання
до вивчення дисципліни
«Мінерально-сировинна база кольорової металургії»
для студентів заочної форми навчання
за освітньо-професійною програмою
«Технології та обладнання виробництва металів і сплавів»
підготовки здобувачів вищої освіти
за першим (бакалаврським) рівнем
зі спеціальності 136 «Металургія»
(Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*)**

УДК 621.746(07)

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Мінерально-сировинна база кольорової металургії» для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» підготовки здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем зі спеціальності 136 «Металургія» (Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*) / Укл.: Г.А. Поляков, С.М. Підгорний, Г.М. Трегубенко, В.С. Ігнат'єв, Ю.О. Бубликов – Дніпро: НМетАУ, 2016. – 15с.

Наведені робоча програма дисципліни з методичними вказівками, рекомендованою літературою і питаннями для самоперевірки за окремими темами, а також індивідуальне домашнє завдання.

Призначена для студентів заочної форми навчання за освітньо-професійною програмою «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» підготовки здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем зі спеціальності 136 «Металургія» (Профіль: *МЕ06 «Металургія кольорових металів»*).

Укладачі: Г.А. Поляков, ст. викладач
С.М. Підгорний, ст. викладач
Г.М. Трегубенко, д-р техн. наук, проф.
В.С. Ігнат'єв, канд. техн. наук, проф.
Ю.О. Бубликов, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск М.І. Гасик, д-р техн. наук, проф.

Рецензент Л.В. Камкіна, д-р техн. наук, проф. (НМетАУ)

Підписано до друку _____. Формат 60x84 1/16. Папір друк. Друк плоский.
Облік.-вид. арк. _____. Умов. друк. арк. _____. Тираж 100 пр. Замовлення № _____

Національна металургійна академія України
49600, м. Дніпро-5, пр. Гагаріна, 4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ

1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

За навчальним планом «Мінерально-сировинна база кольорової металургії та процеси збагачення» є розділом загальної дисципліни «Металургія кольорових металів» для студентів спеціальності 7.090402 заочної форми навчання, яка вивчається на IV курсі в 15 семестрі в загальному обсязі 36 годин.

Мета дисципліни – вивчення питань класифікації кольорових металів, їх розповсюдження та форм існування в природі і методів підготовки сировини до металургійної переробки.

Навчальні заняття з дисципліни складаються з лекцій, лабораторних робіт, самостійної роботи з літературою, виконання індивідуальних завдань і складання екзамену.

Розклад навчальних годин

| | |
|---|-----------|
| Усього годин за навчальним планом | 36 |
| У тому числі: | |
| Аудиторні заняття | 12 |
| З них: | |
| - лекції | 8 |
| - лабораторні заняття | 4 |
| Самостійна робота | 24 |
| У тому числі : | |
| - підготовка до аудиторних занять | 6 |
| - виконання індивідуальних завдань | 12 |
| - опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях | 6 |
| Підсумковий контроль (екзамен, залік) | екз. |

Основним видом занять при вивченні дисципліни студентами-заочниками є самостійна робота з літературою, перелік якої наведено у розділі 5 цих методичних вказівок. Самостійне вивчення дисципліни рекомендується проводити в наступній послідовності :

- 1) ознайомитися зі змістом теми, що вивчається, і методичними вказівками до неї;
- 2) вивчити за рекомендованою літературою матеріал, що відноситься до

даної теми, та скласти конспект з пояснювальними схемами і графіками:

3) після засвоєння теми відповіді на питання для самоперевірки.

Індивідуальні завдання необхідно виконувати після повного засвоєння матеріалу за темою заняття в обсязі, вказаному в програмі.

2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ТЕМ

2.1. Тема 1. Загальна характеристика кольорових металів та їх існування у природі

(1 година лекцій, 2 години самостійної роботи)

2.1.1. Програма

Вступ. Характеристика кольорових металів та їх класифікація. Розповсюдження у природі та необхідність збагачення. Загальна характеристика сировинних матеріалів. Типи руд. Перудні матеріали (флюси, відновлювачі, енергоносії, вогнетривкі та теплоізоляційні матеріали).

2.1.2. Література

[1], С. 9-23; [3], С. 4-8.

2.1.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння основних загальних понять, які стосуються кольорової металургії та її сировинної бази.

У цій темі необхідно уявити принципи класифікації кольорових металів, їх значення і застосування у сучасній техніці; форми існування та види руд, їх розповсюдження, альтернативні джерела кольорових металів (морська вода, океанічні конкреції, вторинна сировина). З'ясувати, що рудним матеріалом є тільки та гірська порода або інша речовина, витяг з яких того чи іншого металу економічно вигідний, від яких умов залежить мінімальний рівень вмісту металу у руді. Розуміти, що за рідкісним виключенням, всі види руд кольорових металів потребують збагачення. Треба також уявити, що виробництво кольорових металів потребує, крім руд ведучого елемента, багато інших допоміжних матеріалів – флюсів, відновлювачів, енергоносіїв, вогнетривких та теплоізолюючих матеріалів; результати призначення кожного з них.

Вивчивши тему, студент повинен знати:

- класифікацію кольорових металів;
- види руд кольорових металів, мінімально допустимий рівень концентрації в них ведучого елемента, та від яких умов він залежить;
- допоміжні матеріали кольорової металургії та їх призначення;

Головним висновком після вивчення теми повинно бути поняття про необхідність, за рідкісним виключенням, збагачення сировинних матеріалів для наступної металургійної переробки.

2.1.4. Питання для самоперевірки

1. На які класифікаційні групи та за якими принципами (ознаками) підрозділяються кольорові метали?
2. Як називається показник розповсюдження металів у земній корі?
3. Які кольорові метали відносяться до важких (основних та малих), легких, благородних та рідкісних металів?
4. На які підгрупи поділяються рідкісні метали та які елементи входять до цих підгруп?
5. Сформулюйте поняття «руда».
6. На які види по мінеральному складу підрозділяються руди кольорових металів?
7. Перелічте альтернативні джерела сировини для кольорової металургії.
8. Нерудні матеріали та їх призначення у кольоровій металургії.
9. Від яких умов залежить мінімальний рівень вмісту металу у руді?

2.2. Тема 2. Видобуток та підготовка руд до збагачення

(1 година лекцій, 4 години лабораторної роботи,
4 години самостійної роботи)

2.2.1. Програма

Види родовищ та видобутку руд. Загальна характеристика їх збагачення. Методи збагачення. Підготовчі операції (дробіння, грохочення, подрібнення та класифікація). Устаткування для цих процесів та їх показники.

2.2.2. Література

[1], С. 24-40; [2], С. 45-54; [3], С. 9-15, 18-24, 28-33, 35-43, 46-63, 81- 96, 101-110.

2.2.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння основ добування руд кольорових металів та їх підготовки до збагачення.

При вивченні цієї теми треба уяснити види родовищ та методи їх розробки, а саме категорійність родовищ за ступенем їх придатності до розробки, місцем та формою залягань; відкритий та шахтний способи видобування; порівняльний аналіз їх недоліків та достоїнств. Оволодіти термінами «концентрати» «хвости», «проміжний продукт» та показниками ефективності збагачення – «вихід концентрату та скорочення», «ступінь збагачення», «ступінь витягу». Ознайомитись зі складом підготовчих операцій збагачення (дробіння, грохочення, подрібнення та класифікація кінцевого матеріалу) та устаткуванням для їх проведення.

Вивчивши тему, студент повинен:

- розуміти, що під збагаченням розуміється підвищення вмісту кольорових металів в матеріалі за рахунок тільки фізико-механічних дій без зміни хімічного складу мінералів як ведучого елемента, так і пустої породи;
- знати, що механічне розподілення мінералів потребує глибокого подрібнення руди;
- уміти вибрати необхідне устаткування для підготовки руди до збагачення.

2.2.4. Питання для самоперевірки

1. На які категорії підрозділяються родовища за ступенем їх придатності до розробки та господарському значенню?
2. Методи видобування руд кольорових металів та область їх застосування.
3. Головні показники збагачення металевих руд.
4. Устаткування для крупного та середнього дробіння та його порівняльний аналіз.
5. Устаткування для дрібного дробіння рудних матеріалів.
6. Мета та методи грохочення продуктів дробіння.
7. Дробіння допоміжних м'яких та в'язких матеріалів кольорової металургії (вапняк, кокс та ін.).
8. Подрібнення рудних матеріалів.
9. Класифікація подрібнених рудних матеріалів.

2.3. Тема 3. Збагачення руд кольорових металів

(3 години лекцій, 8 годин самостійної роботи)

2.3.1. Програма

Методи збагачення. Промивка. Флотація. Гравітаційні способи збагачення. Магнітне та електростатичне збагачення. Спеціальні види збагачення.

2.3.2. Література

[1], С. 40-50; [2], С. 54-61; [3], С. 127-157, 204-231.

2.3.3. Методичні вказівки

Мета теми – засвоєння основ збагачення руд кольорових металів. У цій темі необхідно уявити, що збагачення ґрунтується на різниці фізичних властивостей мінералів металів та пустої породи, або властивостей мінералів різних металів, які входять до складу руди. А саме: флотаційні методи – на різниці в змочуваності, гравітаційні – на різниці густоти, магнітні та електричні – на різниці відповідних властивостей. Щодо спеціальних, то це різниця в кольорі, оптичних, радіаційних та інших властивостей.

Потрібно також уявити технологічні особливості та устрій устаткування перелічених методів збагачення, способи підвищення різниці властивостей мінералів з метою найбільш повного їх розподілення.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати особливості методів збагачення, насамперед, флотаційних, гравітаційних та електромагнітних;
- уміти обґрунтувати методи збагачення конкретних руд кольорових металів.

2.3.4. Питання для самоперевірки

1. Фізична сутність флотації.
2. Флотаційні реагенти та їх вплив на умови флотаційного збагачення руд.
3. Устрій та принцип дії механічних флотаційних машин.
4. Пневматичні та пневмомеханічні флотаційні агрегати.
5. Фізична сутність та перелік гравітаційних методів збагачення руд кольорових металів.
6. Гравітаційне збагачення методом осадки.
7. Гравітаційне збагачення на концентраційних столах та шлюзах.

8. Які переваги має збагачення в важких середовищах?
9. Які мінерали збагачуються методом магнітної сепарації?

2.4. Тема 4. Допоміжні процеси підготовки руд (1 година лекцій, 5 годин самостійної роботи)

2.4.1. Програма

Зневожування продуктів збагачення. Згущення, фільтрація, сушка. Обладнання та технологія.

2.4.2. Література

[1], С. 50-58; [3], С. 235-248.

2.4.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння основ технології та устаткування збезводнювання пульп концентратів.

У цій темі необхідно уявити, що після збагачення флотаційними та гравітаційними методами концентрат знаходиться у пульпі з відношенням Ж:Т більш 10 та потрібне його глибоке збезводнювання, особливо якщо подальший перероб буде виконуватись пірометалургійними методами.

Вивчивши тему, студент повинен:

- знати фізичну сутність збезводнювання пульпи методами згущення, фільтрації та сушки;
- уміти вибрати необхідний метод та устаткування для зневожування продуктів збагачення відповідно до фізичних властивостей пульпи та призначенням концентрата.

2.4.4. Питання для самоперевірки

1. Які продукти збагачення доцільно зневоднювати дренаванням (природна сушка)?
2. Який вміст вологи в продуктах згущення?
3. Який вміст вологи після фільтрації продуктів згущення?
4. Який вміст вологи в концентраті після сушки?
5. Яке устаткування використовується для згущення?
6. Принцип роботи, устрій та переваги дискових вакуум-фільтрів.
7. Принцип дії та переваги барабанних печей для сушки.

8. Сутність установ кіплячого шару.

9. Устрій труб-сушилок.

2.5. Тема 5. Окускування концентратів та руд

(2 години лекцій, 5 годин самостійної роботи)

2.5.1. Програма

Окусування концентратів та руд. Огрудкування. Брикетування. Агломерація. Фізико-хімічні основи процесів та їх показники.

2.5.2. Література

[1], С.85-97; [2], С. 66-80; 91-99.

2.5.3. Методичні вказівки

Мета вивчення теми – засвоєння основ підготовки сировини після збагачення до металургійної переробки.

У цій темі необхідно уяснити, що дрібнодисперсні продукти збагачення нездатні до пірометалургійної переробки без окускування. Ознайомитись з існуючими методами окускування-огрудкування брикетуванням та агломерацією.

Після вивчення теми студент повинен:

- знати основи окускування дрібнодисперсних матеріалів існуючими методами;
- уміти вибрати і обґрунтувати метод окускування та його устаткування.

2.5.4. Питання для самоперевірки

1. Поясніть необхідність окускування дрібнодисперсної сировини для пірометалургійних процесів її переробки.
2. Перелічити існуючі методи окускування дрібнодисперсної сировини.
3. З яких операцій складається технологічна схема огрудкування?
4. Яке устаткування застосовують для огрудкування?
5. Методи брикетування, їх недоліки та переваги.
6. Які зони виникають в шарі шихти при агломерації?
7. Для чого в шихту для агломерації вводять флюси?
8. Що таке «возврат»; яку роль відіграє він в процесі агломерації?
9. Головні недоліки агломашин з просасуванням повітря та можливі альтернативні рішення.

3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Дробіння та грохочення

3.1. Мета роботи:

1. Визначення показників дробіння та грохочення.
2. Вивчення обладнання дробарок та грохотів.

Дробіння необхідно для одержання матеріалу визначеного розміру, а також для розкриття зернин рудного мінералу, що є дуже важливим для подальшого збагачення. Дробіння здійснюється на цокових, конусних та валкових агрегатах. Технологічними показниками дробіння є його ступінь та ефективність. Ступенем дробіння називається відносне зменшення розміру кусків матеріалу. Він визначається з рівняння

$$i = \frac{D}{d}, \quad (3.1)$$

де D і d – максимальний (або середній розмір) матеріалу до та після дробіння, відповідно. Ефективність дробіння визначається масою подрібненого матеріалу, яка одержується при витратах одиниці електроенергії (кг/Дж). Вона залежить від міцності руди.

Грохочення матеріалів здійснюється на грохотах різноманітної конструкції – нерухомих колосникових, коливаючихся та вібраційних.

Головним показником грохочення є його ефективність, під якою розуміється відношення кількості нижнього класу в підградному продукті до повної кількості цього класу в початковому матеріалі

$$\varepsilon = \frac{\gamma \cdot \beta}{\alpha}, \quad (3.2)$$

де ε – ступінь грохочення, %;

γ – вихід підградного продукту, %

α та β – вміст нижнього класу в початковому та підградному матеріалі, відповідно, %.

Значення виходу підградного продукту (γ) визначається з балансового рівняння

$$100\alpha = \gamma \cdot \beta + (100 - \gamma)\beta_1, \quad (3.3)$$

звідки

$$\gamma = \frac{\alpha \cdot \beta_1}{\beta - \beta_1} \cdot 100, \quad (3.4)$$

де β_1 – вміст нижнього класу в надгартному продукті, %.

З рівнянь (3.2) та (3.4) маємо

$$\varepsilon = \frac{\alpha \cdot \beta_1}{\beta - \beta_1} \cdot \frac{\beta}{2} \cdot 100. \quad (3.5)$$

З достатньою для практики точністю можна прийняти $\beta = 100$. Тоді

$$\varepsilon = \frac{(\alpha \cdot \beta_1)}{\varepsilon(100 - \beta_1)} \cdot \frac{\beta}{2} \cdot 10^4, \%. \quad (3.6)$$

Для визначення ε відбираються проби початкового матеріалу та надгартного продукту. Маса кожної з них приймається 100%. Проби розсіваються на ситах з тим же розміром отвору, що і на грохоті.

3.2. Порядок виконання роботи

Перед проведенням роботи необхідно ознайомитися з обладнанням (дивись мал.3.1, 3.2).

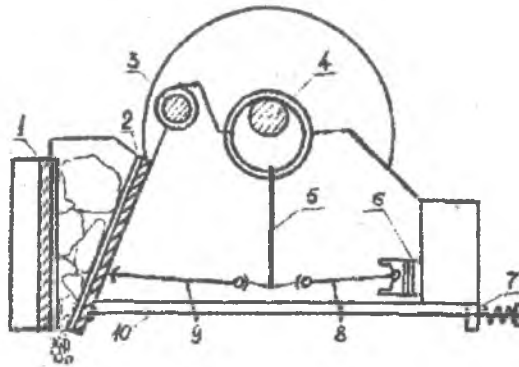
Наважка матеріалу крупністю 5-40 мм вагою 20 кг дробиться в шоківій дробарці, схема якої наведена на рис. 3.1. Для визначення середнього розміру куска вхідний матеріал та продукт після дробіння розсівають на фракції 0-5; 5-10; 10÷20 та 2-40 мм та знаходять вагу та % кожної з них. Результати цих вимірювань заносяться у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристика матеріалу до і після дробіння

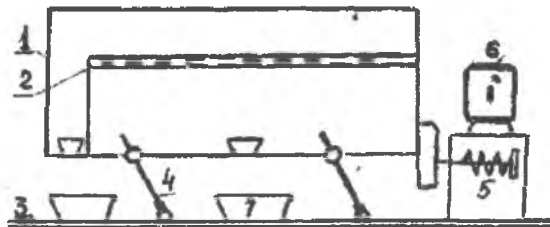
| Вид матеріалу | Загальна маса (m), кг | Вміст фракції | | | | | | | | Середній розмір куска (\bar{D}, \bar{d})мм. | Ступінь дро- біння ε |
|----------------|-----------------------------|---------------|---|-------|---|--------|---|--------|---|--|---|
| | | -5 | | +5-10 | | -10+20 | | -20+40 | | | |
| | | кг | % | кг | % | кг | % | кг | % | | |
| До дробіння | | | | | | | | | | | |
| Після дробіння | | | | | | | | | | | |

Обладнання для виконання роботи



Мал. 3.1. Схема обладнання шоквої дробарки;

- 1 – нерухома щока; 2 – рухома щока; вісь рухомої щоки; 4 – ексцентричний вал; 5 – штанг; 6, 7, 1 – механізм регулювання розміру щілини;
8, 9 – розпірні плити



Мал. 3.2. Схема обладнання грохоту, який коливається;

- 1 – короб; 2 – сито, що знімається; 3 – платформа;
4 – ресори; 5, 6 – привід сита; 7 – місткості

За даними розсіву (табл. 3.1) визначається середній розмір кусків до та після дробіння за рівнянням

$$\bar{D}(\bar{d}) = \frac{\sum_{i=1}^{j-1} m_i \bar{D}_i(\bar{d}_i)}{m}, \quad (3.7)$$

де \bar{D}, \bar{d} - середній діаметр кусків до та після дробіння, мм;

m_i - маса фракції \bar{D}_i або \bar{d}_i (2,5; 7,5; 15 та 30 мм).

Ступінь дробіння визначається за рівнянням (3.1).

Для вивчення ефективності грохочення виброгрохотом, схема якого наведена на рис. 3.2, матеріал після дробіння квартують та відбирають шість проб по 0,5кг кожна. Першу пробу загрузають на зняте з грохота сито нижнього класу та старанно просівають її вручну до припинення просівання матеріалу. Підгартний продукт зважують (P) для визначення вмісту нижнього класу в початковому матеріалі (α). Кожна з п'яти проб, що залишилася, піддається розсіву на грохоті з часом грохочення 5, 10, 15, 25 с. Після грохочення надгартний матеріал просівають вручну на ситі того ж розміру, що й грохот. Верхній та нижній продукти зважують (Q_i і P_i) з метою визначення вмісту нижнього класу (β_i) в надгартному продукті. Всі результати вимірювань записують в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Головні параметри грохочення

| Тривалість грохочення, с | Маса продуктів ручного розсіву, г | | | $\alpha, \%$ | $\beta, \%$ | $\Sigma, \%$ |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | Верхнього класу, Q | Нижнього класу (P_i) | Загальна маса надгартного продукту | | | |
| | | | | | | |

По результатах грохочення визначається вміст нижнього класу в початковому (α) та надгартному (β) продуктах, які розраховують за рівнянням

$$\alpha = \frac{P_o}{m} \cdot 100\%, \quad (3.8)$$

де P – вага дріб'язку, що пройшов крізь сітку грохоту, г.

m – загальна вага наважки для розсіву вручну на ситі, г, (як правило,

використовується 100 г.)

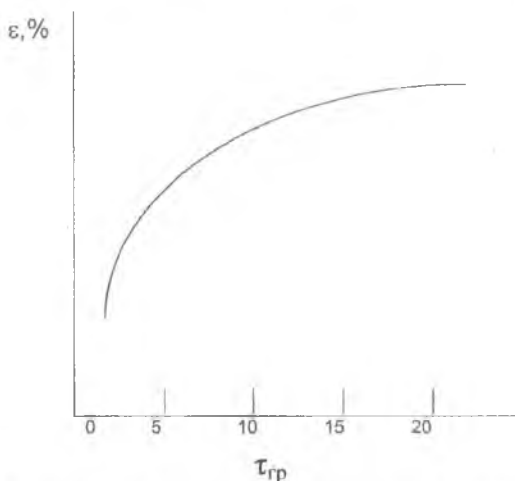
Вміст нижнього класу в надгартному матеріалі при розсіві на грохоті визначається за рівнянням

$$\beta = \frac{P_i}{Q + P_i} \cdot 100\%,$$

де P – вага нижнього продукту, г.

$Q + P$ – сумарна вага наважки, г.

Користуючись рівнянням (3.5), визначасмо ефективність грохочення при його різній тривалості та будусмо криву залежності « ϵ » від часу грохочення ($\tau_{гр}$).



Мал. 3.3 Зміна ефективності грохочення в залежності від його продовження

3.3. Контрольні питання

1. Перелічте недоліки шокової дробилки.
2. Що таке ступінь дробіння?
3. Що таке ефективність грохочення?

4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Індивідуальне завдання складається з 5-ти питань – по одному питанню для самоперевірки з кожної теми дисципліни.

У таблиці 4.1 наведено поваріантний перелік питань відповідно до їх нумерації за темами.

Таблиця 4.1.

Індивідуальні завдання

| № варіанта | Номер питання за темами | | | | |
|---------------|-------------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1 | 5 | 1 | 9 | 1 |
| 2 | 2 | 6 | 2 | 8 | 2 |
| 3 | 3 | 7 | 3 | 7 | 3 |
| 4 | 4 | 8 | 4 | 6 | 4 |
| 5 | 5 | 9 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 1 | 6 | 4 | 6 |
| 7 | 7 | 2 | 7 | 3 | 7 |
| 8 | 8 | 3 | 8 | 2 | 8 |
| 9 | 9 | 4 | 9 | 1 | 9 |
| 10 | 1 | 9 | 1 | 2 | 1 |
| 11 | 2 | 8 | 2 | 3 | 2 |
| 12 | 3 | 7 | 3 | 4 | 3 |
| 13 | 4 | 6 | 4 | 5 | 4 |
| 14 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 15 | 6 | 3 | 6 | 7 | 6 |
| 16 | 7 | 4 | 7 | 8 | 7 |
| 17 | 8 | 5 | 8 | 9 | 8 |
| 18 | 9 | 6 | 9 | 1 | 9 |
| 19 | 1 | 7 | 1 | 2 | 5 |
| 20 | 2 | 9 | 5 | 4 | 4 |

5. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Уткин Н.И. Производство цветных металлов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 442 с.
2. Металлургия чугуна / Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. 3-е перераб. и доп. – К.: Вища школа. 1988. – 350 с.
3. М.А. Фишман. Основы обогащения руд цветных металлов. – М.: Недра, 1968. – 260 с.