

**СУЧАСНЕ ТА ПЕРСПЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ
АГЛОМЕРАЦІЙНИХ ТА ДОМЕННИХ ЦЕХІВ:**

**методичні вказівки
до виконання практичних робіт
та індивідуальних завдань**



УДК 669.04 (072)
С89

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 1 від 27.09.2024 р.)

Укладачі:

Ягольник М.В., канд. техн. наук, доцент,
Бойко М.В., канд. техн. наук, доцент

С89 **Сучасне** та перспективне обладнання агломераційних та доменних цехів :
методичні вказівки до виконання практичних робіт та індивідуальних
завдань / уклад.: М. В. Ягольник, М. М. Бойко. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 28 с.

У методичних рекомендаціях наведено поради і методичні підходи до виконання практичних робіт, які виконуються в процесі вивчення дисципліни. Матеріал містить короткі теоретичні викладки за тематикою роботи, завдання для її виконання, порядок оформлення звіту та питання для підготовки до її захисту.

УДК 669.04 (072)



ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. Розрахунки обладнання шихтового відділення	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. Розрахунки обладнання огрудкувального відділення	8
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. Розрахунок площі спікання та кількості агломераційних машин	12
ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ № 1. Характеристика і аналіз сучасного та перспективного обладнання для підготовки окускованої залізорудної сировини	15
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. Розрахунки профілю доменної печі	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. Розрахунки параметрів бункерної естакади доменного цеху	22
ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ № 2. Характеристика і аналіз сучасного та перспективного обладнання доменних цехів	26
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27



ВСТУП

Сучасне та перспективне обладнання агломераційних та доменних цехів – основний спеціальний курс магістерської підготовки для металургів, який дозволить Вам зрозуміти і професійно використовувати знання, необхідні при організації технологічних процесів агломераційного та доменного виробництва.

Відмінною рисою курсу є розгляд технологічних особливостей конструкції та обладнання агрегатів основних металургійних цехів. В рамках даного підходу курс інтегрує знання знань та навички, які стосуються сучасного та перспективного технологічного обладнання агломераційних та доменних цехів. Отримані знання можуть бути корисними при розробці та захисті випускної кваліфікаційної роботи.

За освітньою програмою «Аглодоменне виробництво» цей освітній компонент є обов'язковим спеціалізованим курсом, в іншому випадку – може бути елементом індивідуальної освітньої траєкторії.

Правила виконання практичних робіт

1. Практичні роботи виконуються згідно із затвердженим семестровим графіком, який викладається в Moodle.

2. Звіт про виконання роботи в обов'язковому порядку завантажується в систему Moodle в розділі відповідного курсу.

3. При захисті роботи студент зобов'язаний знати основні теоретичні положення за даною роботою.

Загальні вказівки щодо оформлення звіту та критерії оцінювання

Звіт повинен містити найменування та мету даної роботи, виконані розрахунки, за потреби висновки і практичні рекомендації.

Практичні роботи здобувачами виконуються за допомогою обчислювальної техніки. Результатом виконання практичної роботи є оформлений за вимогами та зданий звіт. Максимальна кількість балів, яку здобувач може отримати за виконання кожної практичної роботи – 2.



ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Розрахунки обладнання шихтового відділення

Мета роботи - отримати знання і навичок розраховувати необхідну кількість дробарок та гуркотів вапняку, дробарок палива.

Вапняк і паливо, що надходять на фабрики, перед введенням у шихту піддаються дробленню, помелу відповідно до вимог технології. Вапняк і паливо на аглофабриках піддаються дробленню до фракції 0-3 мм, а вапняк і бентоніт на фабриках випалювання піддаються помелу до фракції - 0,074 мм.

Для виконання цих операцій застосовують чотиривалкові і молоткові дробарки, кульові млини. Іноді на аглофабриках для попереднього дроблення палива до крупності 5-15 мм застосовують короткоконусні дробарки. Застосування цього устаткування дозволяє повністю забезпечити фабрики необхідною сировиною відповідно до технічних умов, які діють на підприємстві.

Розрахунок необхідної кількості дробарок та гуркотів вапняку

Вихідні дані

1. Продуктивність молоткової дробарки ДМР–14,5х13 та гуркіт ГРД–72 по фракції 0–3 мм при дробленні:

звичайного вапняку – 80 т/год;

доломітизованого – 50 т/год.

2. Кількість годин роботи на добу – 18 годин.

Необхідна кількість робочих дробарок та гуркотів


$$n_{\text{раб}} = \frac{Q_{\text{об}}}{18 \times 80} + \frac{Q_{\text{дол}}}{18 \times 50}$$

де $Q_{\text{об}}$, $Q_{\text{дол}}$ – добова витрата звичайного та доломітизованого вапняку по витраті шихти.

Загальне число дробарок та гуркотів визначається як сума робочих та резервних.

Кількість резервних дробарок та гуркотів приймається у розмірі 50% від робочих:

$$n = n_{\text{раб}} + 0,5n_{\text{раб}} = 1,5n_{\text{раб}}.$$



Вказана в пункті 1 продуктивність молоткової дробарки відноситься до послідовної установки дробарки та гуркоту та визначається продуктивністю останнього. При розрахунку корпусів дроблення та гуркотіння вапняку продуктивність дробарки приймається:

для вапняку – 200 т/год,

для доломітизованого вапняку – 150 т/год.

Кількість дробарок в цьому випадку

$$n = \left(\frac{Q_{об}}{18 \times 100} + \frac{Q_{дол}}{18 \times 75} \right) \cdot 1.5 \text{ шт.},$$

де 100 и 75 – вихід фракції 0–3 мм після дробарки, т/год.

Кількість грохотів з урахуванням резерву

$$n = \frac{Q_{об} + Q_{дол}}{18 \times 80} \cdot 1.35,$$

де 80 – продуктивність гуркоту по фр < 3мм, т/год;

1,35 – коефіцієнт резервування, од.

Розрахунок необхідної кількості дробарок палива

Вихідні дані:

1. Продуктивність чотирьохвалкової дробарки Д4Г900х700 – 15 т/год,

2. Кількість годин роботи на добу – 18 годин.

Необхідна кількість робочих чотирьохвалкових дробарок визначається за формулою

$$n_{раб} = \frac{Q_{тс}}{18 \times 15} \text{ шт.},$$

де $Q_{тс}$ – добова витрата палива по розрахунку шихти, т.

Загальна кількість дробарок визначається як сума робочих та резервних. Кількість резервних приймається в розмірі 35 % від робочих:

$$n = n_p + n_p \cdot 0.35 = 1.35n_{раб}.$$



Розрахунок необхідної кількості конусних дробарок для палива

Вихідні дані

1. Тип дробарки – КМД 1750Гр.
 2. Продуктивність дробарки (об'ємна – 1000 м³/год, по коксу – 60 т/год).
 3. Час роботи на добу – 18 годин.
- Необхідна кількість робочих дробарок

$$n_{\text{раб}} = \frac{Q_{\text{тс}}}{18 \times 60},$$

де $Q_{\text{тс}}$ – добова витрата палива фракції 12 мм по розрахунку шихти.

Для відсіву дрібниці фракції менше 12 мм перед дробаркою встановлюється гуркіт. Як резерв встановлюється одна конусна дробарка незалежно від кількості робочих дробарок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Розрахунки обладнання огрудкувального відділення

Мета роботи - отримати знання і навичок розраховувати необхідну кількість барабаних змішувачів та огрудкувачів та бункерів.

Розрахунок геометричних розмірів барабаних змішувачів та огрудкувачів

Компоненти шихти для одержання агломерату та окатишів піддаються змішуванню та огрудкуванню з використанням різних пристроїв. Для цих цілей застосовують високопродуктивні барабанні змішувачі та огрудкувачі, які конструктивно незначно відрізняються один від одного.

Внутрішній діаметр барабану ($d_{\text{вн}}$) визначається за формулою

$$d_{\text{вн}} = 0.8 \cdot \sqrt[3]{G / (\psi \cdot n \cdot i)}, \text{ м,}$$

де G – година продуктивність барабану, т/год;

n – число обертів барабану, об/хв;

i – нахил барабану, град.;

ψ – ступінь заповнення барабану, д.од.

Довжина барабану (L) визначається за формулою

$$L = \frac{G \cdot \tau}{\psi \cdot \gamma \cdot 0.785 \cdot d_{\text{вн}}^2}, \text{ м,}$$

де γ – насипна маса, т/м³;

τ – час перебування шихти у барабані, год.

Час перебування матеріалу у барабані визначається за формулою

$$\tau = \frac{\Psi \cdot \gamma}{\rho}, \text{ год,}$$

де γ – насипна маса, т/м³;

ρ – питома продуктивність барабану, т/м³*год.

Певні параметри огрудкувачів і змішувачів округляються до найближчого агрегату, що випускається промисловістю.

Розрахунок ємності та кількості бункерів шихтового відділення фабрики

На фабриках огрудкування є велика кількість бункерів, які виконують роль накопичувача матеріалів, проміжної місткості і усереднювачів. Остання функція проявляється в шихтовому відділенні фабрик, де бункера завантажуються стрічковим конвеєром зі скидаючим візком, що переміщається уздовж бункерів у човниковому режимі. У цьому випадку матеріал в бункерах знаходиться у вигляді горизонтальних шарів і при розвантаженні бункера на збірний конвеєр здійснюється перемішування багатьох шарів. Однак, це залежить від характеру витікання матеріалу з бункерів. На рис. 1.1 показано два типи витікання: нормальне (а) і гідравлічне (б). При нормальному витіканні, основною ознакою якого є наявність на вільній поверхні воронки, рух стовпа матеріалів над випускним отвором відбувається з перетином всіх покладених шарів і максимальним ступенем усереднення. При гідравлічному витіканні, коли рух матеріалу з бункера відбувається подібно рідині, усереднення матеріалів погіршується.

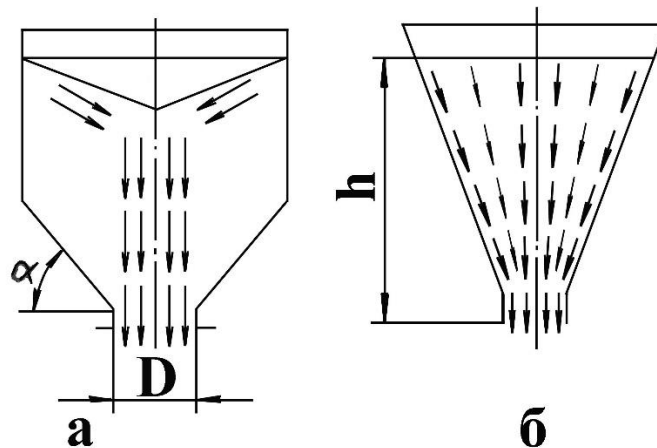


Рисунок 1.1 - Характер витікання матеріалу з бункерів:
а – нормальне; б – гідравлічне.

Нормальне витікання матеріалу є характерним для бункерів фабрик огрудкування від шихтового відділення до завантаження шихти на агломераційну машину.

Змінна потреба у залізорудній частині складає $Q'_{жрг}$, паливі Q_T та флюсів Q_{ϕ} . Корисна ємність бункерів шихтового відділення має забезпечити роботу протягом зміни (8 год) і бути не менше



$$\frac{Q'_{\text{жрг}} \cdot (8 - 2)}{8} = M_{\text{жрг}}, \text{ т},$$

де $Q'_{\text{жрг}}$ – змінна потреба залізорудної частини, т;

8 – тривалість зміни, год;

8–2 – тривалість роботи у зміну, год.

Ємність бункерів для залізорудної частини шихти з урахуванням коефіцієнту його заповнення 0,7 складе:

$$V_6 = M_{\text{жрг}} : \gamma_{\text{жр}}, \text{ м}^3$$

де V_6 – об'єм бункерів, м³;

$M_{\text{жрг}}$ – корисна ємність, т;

γ – насипна маса залізорудної частини, т/м³.

На основі V_6 округляємо ємність бункерів до зазвичай тих, що використовуються в промисловості V'_6 та розраховуємо їх кількість.

Визначаємо вміст у бункері маси залізорудної частини за формулою

$$M'_{\text{жрг}} = 0.7 \cdot V'_6 \cdot \gamma, \text{ т}$$

де γ – насипна маса залізорудної частини, т/м³.

При цьому маса залізорудної частини шихти повинна забезпечувати щонайменше чотиригодинну роботу машин у разі припинення подачі матеріалів. Продуктивність тракту подачі залізорудної частини шихти від штабеля бункера шихтового відділення складе:


$$\Pi = \frac{M_{\text{жрг}} \cdot 1.2}{4}, \text{ т/год.}$$

Чотирьохгодинна потреба агломераційних машин в залізорудній частині складе

$$Q''_{\text{жрг}} = Q_{\text{жрг}} \cdot 4, \text{ т},$$

де $Q_{\text{жрг}}$ – годинна потреба в залізорудній частині, т;

4 – час, год.



Порівняння $Q''_{\text{жрг}}$ та $M'_{\text{жрг}}$ показує необхідну кількість бункерів, яке подвоюється через 100% резервування прийнятого цьому ділянці фабрик.
Для вапняку 4-х годинна потреба у флюсі складе

$$M_{\text{изв}} = m_{\text{изв}} \cdot 4, \text{ т}$$

де $m_{\text{изв}}$ – годинна витрата вапняку на 1 т агломерату, т/год;

Об'єм займаний вапняком складе

$$V_{\text{изв}} = M_{\text{изв}} : \gamma, \text{ м}^3$$

де γ – насипна маса вапняку, т/м³.

Встановлення n бункерів об'ємом V'_6 забезпечить 4-х годинну потребу. Для палива 4-х годинна потреба складе

$$M_{\text{т}} = m_{\text{т}} \cdot 4, \text{ т},$$

де $m_{\text{т}}$ – годинна витрата палива, т/год.

Об'єм що займає паливо складе:

$$V_{\text{т}} = M_{\text{т}} : \gamma_{\text{т}}, \text{ м}^3$$

де $\gamma_{\text{т}}$ – насипна маса палива, т/м³.

Встановлюємо n кількість бункерів обраного розміру, що забезпечить 4-х годинну роботу агломераційної машини. Вихід повернення за чотирьохгодину роботу складе – $M_{\text{в}}$, т. Об'єм що займає зворот складе

$$V_{\text{в}} = M_{\text{в}} : \gamma_{\text{в}}, \text{ м}^3$$

де $\gamma_{\text{в}}$ – насипна маса звороту, т/м³.

В одному бункері обраного об'єму V'_6 міститься повернення

$$M'_{\text{в}} = V'_6 \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot 0.7, \text{ т}$$

Порівняння з чотиригодинним виходом повернення дозволяє визначити кількість бункерів, що встановлюються.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Розрахунок площі спікання та кількості агломераційних машин

Мета роботи - отримати знання і навичок розраховувати площу спікання, кількість агломераційних машин, ємність бункерів агломашин та ширину стрічки відповідно до конкретного виробництва.

Найбільшого поширення у практиці виробництва окускованої сировини отримали конвеєрні агломераційні машини, які використовуються для спікання агломерату й охолодження його до необхідної температури. За конструктивним виконанням агломераційні машини поділяються на два види: з зазором і без зазору в ланцюзі візків. Залежно від виду виконання машин застосовують різні пристрої, які призначені для плавного спуску спікальних візків з робочої на холосту гілку агломашини.

Сучасні агломераційні машини мають площу спікання від 50 до 740 м². При цьому ширина спікальних візків становить 2,0; 2,5; 4,0 і 6,0 м.

Годинна продуктивність агломераційних машин визначається по формулі:

$$Q_1 = 60 \cdot S \cdot \gamma \cdot v \cdot k, \text{ т год,}$$

де Q_1 – годинна продуктивність агломераційної машини, т;

S – площа спікання агломераційної машини, м²;

γ – насипна маса шихти, т/м³;

v – вертикальна швидкість спікання, м/хв;

k – вихід годного агломерату фр.> 5 мм, д.од.

Годинна витрата постілі складає:

$$A = \frac{Q_{\text{час}} \cdot H_{\text{пост}} \cdot \gamma_{\text{п}}}{H_{\text{сл}} \cdot \gamma_{\text{сп}}}, \text{ т/год.},$$


де A – витрата постілі, т/час.;

$H_{\text{пост}}$ – висота постілі (0.03–0.05 м), м;

$\gamma_{\text{пост}}$ – насипна вага постілі, т/м³;

$H_{\text{сл}}$ – висота шару шихти на машині, м;

$\gamma_{\text{сп}}$ – насипна маса спеку, т/м³.



Виходячи з необхідності виділення постілі з годного годинна продуктивність складає:

$$Q_{\text{ч}} = Q_1 + A, \text{ т/год.}$$

Необхідна площа спікання для виробництва даної кількості агломерату визначається за формулою:

$$S_{\text{сп}} = \frac{Q_{\text{ч}}}{60 \cdot \gamma \cdot v \cdot k}, \text{ м}^2,$$

де $Q_{\text{ч}}$ – годинна продуктивність агломераційної машини, т;
 γ – насипна маса шихти, т/м³;
 v – вертикальна швидкість спікання, м/мин;
 k – вихід годного агломерату фр.>5 мм, д.од.

Отримані результати є основою для вибору типу агломераційних машин та їх кількості. При цьому необхідно враховувати, що при виконанні проекту слід передбачати можливість збільшення продуктивності агломераційної фабрики (цеху) на 20% без будівництва додаткових агломераційних машин.

Розрахунок ємності бункерів над агломераційною машиною

Ємність бункера повинна забезпечувати безупинну роботу машини протягом 20-25 хвилин при перериванні подачі шихти. При цьому враховується, що об'єм що займається шихтою у бункері менше теоретично необхідного на 30 %.

$$V_{\text{б}} = \frac{Q_{\text{ч}} \cdot \gamma_{\text{ш}}}{0.7}, \text{ м}^3,$$

де $Q_{\text{ч}}$ – годинна продуктивність агломераційної машини по шихті, т;
 γ – насипна маса шихти, т/м³;
0,7 – коефіцієнт використання об'єму, д.о.



Розрахунок ширини стрічки конвеєра для завантаження бункерів агломераційних машин

Продуктивність конвеєра визначається по формулі

$$Q = k \cdot B^2 \cdot V \cdot \gamma, \text{ т/год,}$$

де $k = 596 \cdot \text{tg}\beta'$ (β' – половина кута природнього відкосу транспортуємого матеріалу, град.);

B – ширина стрічки, м;

V – швидкість стрічки, м/с;

γ – насипна маса шихти, т/м³.

Використовуючи дані про річну продуктивність агломераційної машини (P) та потреби в шихті розраховуємо ширину стрічки при швидкості її руху 3.3 м/с за формулою

$$B = \sqrt{P \cdot m_{\text{ш}} / k \cdot V \cdot \gamma}, \text{ м}$$

де $m_{\text{ш}}$ – витрата шихти на тону агломерату, т.

Швидкість стрічки обирають в залежності від роду вантажу та ширини стрічки. Для одних і тих же вантажів швидкість може зростати зі збільшенням ширини стрічки тому що на конвеєрах з більш широкою стрічкою досягається рівномірне завантаження та централізований хід стрічки.

Визначена за продуктивністю та крупністю кусків вантажу ширина стрічки округляється до передбачених ДСТУ розмірів.

Розрахунок ширини стрічки для завантаження бункерів шихтового відділення, бункерів палива для коксових дробарок та вапняку для молоткових дробарок здійснюється аналогічним чином.



ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ № 1

Характеристика і аналіз сучасного та перспективного обладнання для підготовки окускованої залізорудної сировини

Перелік тем для виконання індивідуального завдання:

1. Сучасне та перспективне обладнання гірничо-збагачувальних комбінатів.
2. Сучасне та перспективне обладнання агломераційних фабрик (цехів).
3. Сучасне та перспективне обладнання фабрик (цехів) по виробництву залізорудних окатишів.
4. Сучасне та перспективне обладнання коксохімічних підприємств.
5. Сучасне та перспективне обладнання систем очистки газів фабрик окускування.
6. Сучасне та перспективне обладнання відділень для прийому, складування, усереднення та підготовки сировинних матеріалів.
7. Сучасне та перспективне обладнання для дозування, змішування та огрудкування матеріалів фабрик окускування.

Номер варіанту теми для виконання індивідуального завдання студент обирає з переліку тем (див. вище) у відповідності до його номеру за списком студентської групи. У окремих випадках узгоджує обрану самостійно тему з лектором (викладачем).

Обсяг індивідуальної роботи має складати не менше 15 сторінок комп'ютерного тексту формату А4. Індивідуальне завдання має бути надруковане шрифтом Times New Romans 14 розміру з інтервалом 1,5, нумерація формул, таблиць, рисунків наведених у роботі, має бути наскрізною.

Виконане індивідуальне завдання має бути у вигляді реферативного аналізу та розкривати сутність заданої теми. Завдання повинно містити: титульну сторінку з обов'язковою вказівкою назви дисципліни, ПІБ студента, шифру студентської групи; зміст; саме завдання та перелік використаних літературних джерел, нумерація яких є наскрізною.

Виконане індивідуальне завдання захищається у вигляді пояснення (виступу) на практичному занятті - для отримання максимально можливої кількості балів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Розрахунки профілю доменної печі

Мета роботи - отримати знання і навичок розраховувати внутрішній контур доменної печі та основні розміри.

Профілем називається внутрішній контур робочого простору доменної печі.

Профіль умовно ділиться на п'ять частин, що відрізняються одна від одної за технологічним призначенням і формою (зверху вниз): колошник, шахта, розпар, заплечики і горн, як показано на рис.1.2.

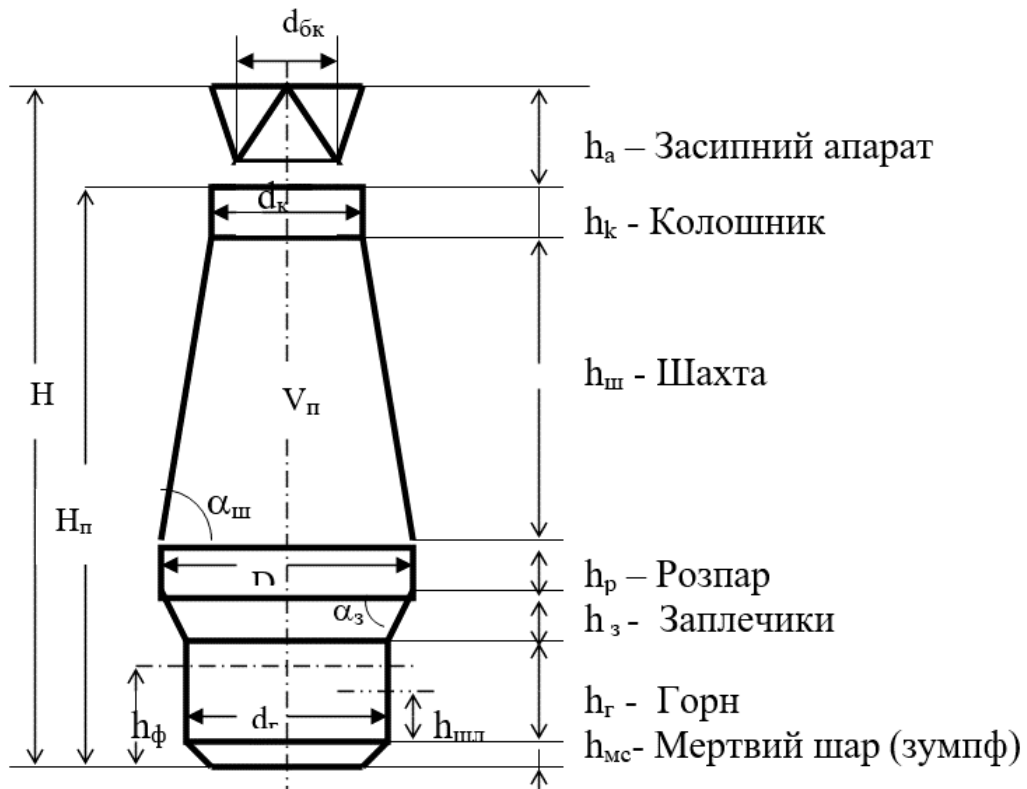



Рисунок 1.2. Схема профілю доменної печі і його розміри: $V_{п}$ – корисний об'єм доменної печі; H – повна висота печі; $H_{п}$ – корисна висота; $d_{бк}$ – діаметр великого конуса; d_k , h_k – діаметр і висота колошника; $h_{ш}$ – висота шахти; D , h_p – діаметр і висота розпару; $h_з$ – висота заплечиків; d_r , h_r – діаметр і висота горна; $h_{мс}$ – товщина мертвого шару; $h_{ф}$ – рівень фурм; $h_{шл}$ – рівень шлакової льотки; $\alpha_{ш}$, $\alpha_з$ – кути нахилу шахти і заплечиків.



Розміри і форма профілю історично визначалися розвитком техніки. Раніше для того, щоб добитися підвищення продуктивності печі, збільшували об'єм тільки за рахунок розширення розпару, оскільки збільшенню діаметра горна перешкоджала мала потужність повітродувних засобів, збільшенню висоти печі – мала міцність деревного вугілля, а розширенню колошника – ручне завантаження шихти.

Зі збільшенням потужності повітродувок почали розширювати горни доменних печей, збільшувати кількість фурм, оскільки це підвищувало продуктивність агрегатів. Висота печей теж збільшується при переході від деревного вугілля на міцніший кам'яновугільний кокс. Але надмірне збільшення діаметра горна печі без відповідного розширення колошника (пляшкоподібний профіль) призвело до зниження продуктивності і збільшення витрати палива, оскільки вузький колошник не дозволяв інтенсифікувати процес і добре використовувати газ, зважаючи на високі швидкості газового потоку у верхній частині доменної печі.

Доменщики намагалися розібратися у впливі контуру профілю на економічні показники плавки і пропонували для розрахунку профілю свої методи або правила. Наприклад, Д.Гиббонс (1839 р.) пропонував робити профіль згідно з розпалом кладки працюючої доменної печі («вогненний перст» – природний профіль), Д. Паррі рекомендував викреслювати профіль, ґрунтуючись на досвіді і інтуїції. Л. Грюнер і А. Ледебур (1878 р.), проаналізувавши розміри великої кількості профілів, встановили раціональні співвідношення між ними і запропонували метод визначення абсолютних величин частин профілю.

Якнайповнішим і логічнішим з'явився метод розрахунку, запропонований акад. М.О. Павловим в 1909 році. Цей метод заснований на технологічному призначенні частин профілю і основних процесів, що протікають в них залежно від якості шихти.

Необхідно відзначити, що проектний профіль, розрахований за вищезазначеними методиками, розгорає протягом п'яти-шести місяців, а потім змінюється до кінця кампанії доменної печі значно повільніше. Тому свого часу було запропоновано зробити «жорсткий» профіль доменної печі за рахунок плитових ребристих холодильників, встановлених в шахті, розпарі і заплечиках, тобто профіль, який в процесі роботи доменної печі не змінював би своєї конфігурації за рахунок розпалу кладки. Такі печі працювали незадовільно, оскільки нераціонально вибрані розміри деяких частин профілю не могли бути покращувані за рахунок розпалу кладки.

Останнім часом з'явилися доповнення до розрахунку, якими повніше враховуються процеси, що протікають в тій або іншій частині профілю.

Розрахунок профілю за методом М.О. Павлова

При розрахунку профілю доменної печі, що знов будується, зазвичай задаються продуктивністю, необхідним корисним об'ємом, видом шихти і деякими додатковими даними.

Початкові дані:

1. Продуктивність, $\Pi = 5700 \text{ т/добу}$.
2. Питома витрата коксу, $K_{\text{пит}} = 520 \text{ кг/т чавуну}$.
3. Коефіцієнт використання корисного об'єму, $K_{\text{ВКО}} = 0,55 \text{ м}^3 \cdot \text{добу/т}$.

Знаходимо корисний об'єм доменної печі

$$V_{\Pi} = \Pi \cdot K_{\text{ВКО}} = 3135 \text{ м}^3$$

Повну висоту знаходимо, вирішуючи спільно рівняння

$$\begin{aligned} V_k &= \delta_o D^2 \\ H/D &= 3,55 - 0,0003 V_k \end{aligned}$$

де δ_o – емпіричний коефіцієнт, що враховує відхилення профілю від циліндра, змінюється в межах 0,52 – 0,54 залежно від корисного об'єму, приймаємо в середньому $\delta_o = 0,53$; D – діаметр розпарення, м; H – повна висота, м; $H/D = 3,18 - 2,08$ – емпіричне співвідношення, залежне від корисного об'єму печі і описуване вищенаведеною формулою.

$$H = (V_k / \delta_o)^{0,333} (3,55 - 0,0003 V_k)^{0,666} = 34,3 \text{ м.}$$


Корисну висоту знаходимо, приймаючи відстань від кромки опущеного великого конуса до верху чаші $h_a = 2,8 \text{ м}$.

$$H_k = H - h_a = 31,5 \text{ м.}$$

Діаметр розпару визначається за формулою:

$$D = H / (3,55 - 0,0003 V_k) \cong 13,1 \text{ м.}$$

Для знаходження діаметра горна знаходимо площу його перетину A , яку підраховуємо залежно від інтенсивності горіння:


$$A = \pi d_e^2 / 4 = \Pi K_{\text{пир}} / i ,$$

де інтенсивність горіння вибирається $i = 26,4 \text{ т/м}^2 \cdot \text{добу}$, якщо добова витрата коксу більше 1250 т/добу . У нашому випадку добова витрата коксу $D_0 = 5700 \cdot 0,52 = 2964 \text{ т/добу}$, емпірична залежність визначається виразом

$$i = 3,652 \text{ Ln}(K) - 1,2 = 27,9 \text{ т/м}^2 \cdot \text{добу},$$

отже

$$d_e = (4 \Pi \cdot K_{\text{пир}} / i \pi)^{0,5} \approx 12,0 \text{ м}.$$

Кількість фурм знаходимо за відомою формулою М.О. Павлова

$$n = 2 d_e + 1 = 25 \text{ шт.},$$

округляємо до 26 шт.

Глибину горна визначаємо виходячи з його об'єму на тонну добової продуктивності v_g , який для передільних чавунів дорівнює $0,07 \text{ м}^3 \cdot \text{добу/т}$

$$h_{\text{ф}} = 4 v_g \Pi / (\pi d_e^2) = 3,5 \text{ м}.$$

Загальна глибина сурми з урахуванням відстані від осей фурм до заплечиків

$$h_e = h_{\text{ф}} + 0,4 = 3,9 \text{ м}.$$

Висота шлакової фурми над чавунною люткою приймається $0,45 - 0,5$ висоти горна

$$h_{\text{шл}} = h_{\text{ф}} \cdot 0,475 \approx 1,7 \text{ м}.$$

Товщину мертвого шару (зумпфа) приймаємо $1,2 \text{ м}$, оскільки для сучасних доменних печей він рекомендується в межах $0,6 - 1,7 \text{ м}$.

Висоту заплечиків знайдемо виходячи з кута нахилу заплечиків, який для сучасних печей рекомендується в межах $79 - 81^\circ$

$$h_3 = (D - d_e) \text{ tg } \alpha_3 / 2 \approx 3,1 \text{ м}.$$

Діаметр колошника знаходимо з відношення його до діаметра розпару, яке для сучасних доменних печей змінюється від 0,66 до 0,69. Це співвідношення має вигляд $d_k / D = 0,8102 - 0,0176 L_n(V_k)$. Для печі нашого об'єму воно дорівнює 0,668, отже

$$d_k = 0,668 D = 8,75 \text{ м.}$$

Діаметр великого конуса встановлюється за різницею діаметрів колошника і конуса, яка для типових печей змінюється в межах 1,6 – 1,9 м. Для крупних печей, починаючи з 1719 м³, ця величина постійна і дорівнює максимуму (1,9 м).

$$d_{бк} = d_k - 1,9 = 6,85 \text{ м.}$$

Задаємося кутом нахилу стін шахти ($\alpha_{ш}$) 83,74 град, оскільки в типових печах кут змінюється в межах 83 – 85,0 і апроксимується емпіричною кривою $\alpha_{ш} = 85,623 - 0,0006 V_k$. Підраховуємо висоту шахти:

$$h_{ш} = (D - d_k) \operatorname{tg} \alpha_{ш} / 2 \approx 19,8 \text{ м.}$$

Висоту розпару приймаємо на рівні $h_p = 2 \text{ м.}$

Висоту колошника розраховуємо за різницею об'ємів корисного і решти частин печі, окрім колошника:

$$h_k = 4 (V_k - (\pi / 12)(3d_e^2 h_e + (d_e^2 + Dd_e + D^2)h_z + 3D^2 h_p + (d_k^2 + Dd_k + D^2)h_{ш})) / (\pi d_k^2) \approx 2,7 \text{ м.}$$

Перевірка правильності розрахунку профілю. Якщо відношення корисного об'єму до площі перетину горна знаходиться в межах 24 – 29 м, то профіль розраховано правильно.

$$V_k / A = 27,73 \text{ м.}$$

Відношення знаходиться в допустимих межах, отже, профіль розрахований правильно.

Таблиця 1.1 - Початкові дані для розрахунку профілю за варіантами

Варіант	Корисний об'єм, V_k , m^3	Продуктивність, P , т/добу	Питомі витрати коксу, $K_{плт}$, kg/m	Варіант	Корисний об'єм, V_k , m^3	Продуктивність, P , т/добу	Питомі витрати коксу, $K_{плт}$, kg/m
1	1033	1950	550	12	1033	1850	540
2	1386	2700	525	13	1386	2650	535
3	1513	3200	515	14	1513	3250	525
4	1719	3400	510	15	1719	3440	514
5	2000	3950	505	16	2002	3930	515
6	2300	4500	500	17	2300	4450	510
7	2700	5150	495	18	2700	5050	497
8	3000	5570	490	19	3000	5370	495
9	3200	6150	485	20	3200	6090	487
10	5000	9300	493	21	5037	9350	490
11	5500	10570	487	22	5500	10370	497

Коефіцієнт використання корисного об'єму $K_{ВКО} = 0,53 m^3 \cdot \text{добу}/t$ для всіх варіантів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Розрахунки параметрів бункерної естакади доменного цеху

Мета роботи - отримати знання і навичок розраховувати нормативні запаси шихти, об'єми і кількості рудних і коксових бункерів для типових доменних печей.

Естакада (від франц. estacade – паля, балка) – надземна (надводна) мостова споруда із залізобетону, сталі, дерева або каменя, призначена для пропуску транспорту (пішохідного руху), прокладки різних комунікацій, навантажувально-розвантажувальних робіт і ін.

Бункерна естакада доменної печі призначена для механізації набору і подачі матеріалів в піч, а також для створення безпосередньо у доменної печі необхідного запасу шихтових матеріалів.

Розрахунок параметрів бункерів

Розрахувати нормативні запаси шихти, об'єми і кількості рудних і коксових бункерів для типових доменних печей корисним об'ємом 1033 – 5000 м³.

Таблиця 1.2 - Початкові дані для розрахунку

Варіант, №	Об'єм печі Vк, м³	Вид бункера	Розмір по верху т·п, м	Варіант, №	Об'єм печі Vк, м³	Розмір по верху т·п, м	Вид бункера
1	1033	Рудні	12·5,0	11	1033	11·7,0	Коксівні
2	1386	Коксівні	12·7,5	12	1386	11·4,5	Рудні
3	1513	Рудні	11·6,0	13	1513	12·7,6	Коксівні
4	1719	Коксівні	11·8,0	14	1719	12·4,8	Рудні
5	2000	Рудні	12·5,0	15	2000	12·8,0	Коксівні
6	2300	Коксівні	12·7,6	16	2300	11·5,6	Рудні
7	2700	Рудні	12·6,0	17	2700	12·8,0	Коксівні
8	3000	Коксівні	12·8,0	18	3000	12·5,3	Рудні
9	3200	Рудні	12·7,8	19	3200	12·8,5	Коксівні
10	5005	Коксівні	15·8,0	20	5005	15·7,0	Рудні

Дані, однакові для всіх варіантів:

- нормативна місткість рудних бункерів складає в середньому $2,5 \text{ м}^3$ на 1 м^3 корисного об'єму доменної печі, коксівних – приблизно $0,7 \text{ м}^3$;
- висота верхньої частини рудних бункерів $h_1 = 2,0 \text{ м}$, коксівних $0,4 \text{ м}$;
- висота конічної частини рудних бункерів $h_2 = 4,0 \text{ м}$, коксівних $11,0 \text{ м}$;
- довжина вихідного отвору рудного бункера, $a=3,0 \text{ м}$, коксівного $2,0 \text{ м}$;
- ширина вихідного отвору коксового бункера $b = 1,0 \text{ м}$;
- об'єм клину (конічній частині рудного бункера)

$$V_p = h_2 n (2m + a) / 6;$$

- об'єм усіченої піраміди (конічна частина коксового бункера)

$$V_k = h_2 (m n + \sqrt{mn \cdot ab} + a b) / 3;$$

- насипні маси шихти: агломерату $\gamma_a = 1800 \text{ кг/м}^3$, окатишів $\gamma_{ок} = 2000 \text{ кг/м}^3$, коксу $\gamma_k = 450 \text{ кг/м}^3$.

Розміри бункерів привести у відповідність з об'ємами печей.

Схема розрахунку

Відповідно до вихідних даних і даних варіанта розрахувати загальний об'єм шихтових матеріалів, що завантажуються на доменну піч, перевести їх в тони. Розрахувати об'єм бункера за відомими розмірами, керуючись схемою рис. 1.3, і знайти кількість бункерів для доменної печі, вважаючи, що коефіцієнт заповнення їх шихтою складає 80%. Визначити кількість шихтових матеріалів в тоннах, якщо залізородна шихта складається з 60% агломерату і 40% окатишів.

Приклад розрахунку

Доменна піч корисним об'ємом 2000 м^3 .

Загальний об'єм залізородних матеріалів:

$$V_{оз} = V_{кор} \cdot V_{пит} = 5000 \text{ м}^3$$

де $V_{кор}$ – корисний об'єм доменної печі, м^3 , $V_{пит}$ – питомий об'єм шихтових матеріалів, $\text{м}^3/\text{м}^3$.



Загальна кількість агломерату в тоннах:

$$Ma = V_{ож} \cdot A \cdot \gamma_a / 100 = 5400 \text{ т},$$

де A – кількість агломерату %, γ_a – його насипна маса, т/м^3 .

Загальна кількість окатишів:

$$M_{ок} = V_{ож} \cdot (100-A) \cdot \gamma_{ок} / 100 = 4000 \text{ т}.$$

Об'єм залізородного бункера:

$$V_з = m n h_1 + h_2 n (2m + a) / 6 = 210 \text{ м}^3 .$$

Кількість бункерів, необхідних для доменної печі:

$$N_б = V_з / V_б = 5000 / 210 = 23,8 \text{ бункерів}$$

округляємо до 24 шт.

Накреслити ескізи бункерів, відповідно до рис. 1.3, і проставити розміри.

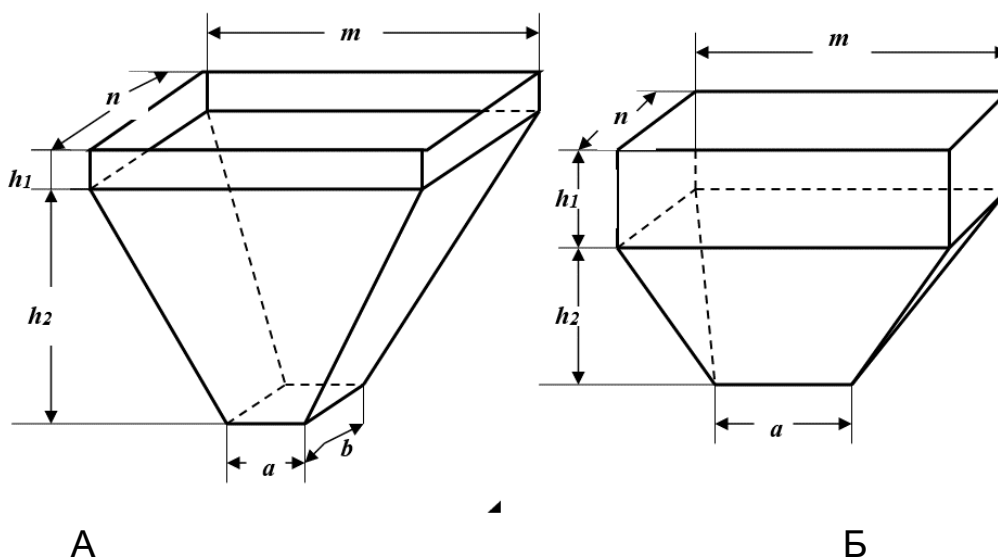



Рисунок 1.3. Схема коксового (А) і рудного (Б) бункерів.



Висновок. Для доменної печі корисним об'ємом 2000 м³ необхідний запас 9400 т агломерату і окатишів можна розмістити в 24 залізородних бункерах.

Розрахунок барабанних затворів бункерів

Визначити годинну продуктивність барабанного затвора бункера для агломерату з наступними параметрами:

- товщина шару матеріалу, що захоплюється барабаном $\delta = 0,4$ м (приймається рівній висоті щілини розвантажувальної воронки);
- ширина випускного отвору (робоча довжина барабана) $B = 1,885$ м;
- діаметр барабана $Dб = 1,525$ м;
- частота обертання барабана $n = 10$ об/хв.;
- коефіцієнт продуктивності $\eta = 0,7$;
- об'ємна маса агломерату, $\gamma_a = 1800$ кг/м³.

Продуктивність барабанного затвора визначається за формулою

$$Пбз = 60 n \delta B Dб \gamma \eta .$$

За технічною характеристикою продуктивність затвора коливається в межах 6 – 60 т/хв.



ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ № 2

Характеристика і аналіз сучасного та перспективного обладнання доменних цехів

Перелік тем для виконання індивідуального завдання:

1. Сучасне та перспективне обладнання систем подачі та завантаження матеріалів у доменну піч.
2. Сучасне та перспективне обладнання для нагріву та подачі дуття у доменну піч.
3. Сучасне та перспективне обладнання для видачі і транспортування продуктів доменної плавки.
4. Сучасне та перспективне обладнання систем відводу та очистки доменних газів.
5. Характеристика сучасних та перспективних фундаменту та сталевих (металевих) конструкцій доменних печей.
6. Вогнетривка кладка футеровка доменних печей.
7. Сучасне та перспективне обладнання систем охолодження доменної печі.

Номер варіанту теми для виконання індивідуального завдання студент обирає з переліку тем (див. вище) у відповідності до його номеру за списком студентської групи. У окремих випадках узгоджує обрану самостійно тему з лектором (викладачем).

Обсяг індивідуальної роботи має складати не менше 15 сторінок комп'ютерного тексту формату А4. Індивідуальне завдання має бути надруковане шрифтом Times New Romans 14 розміру з інтервалом 1,5, нумерація формул, таблиць, рисунків наведених у роботі, має бути наскрізною.

Виконане індивідуальне завдання має бути у вигляді реферативного аналізу та розкривати сутність заданої теми. Завдання повинно містити: титульну сторінку з обов'язковою вказівкою назви дисципліни, ПІБ студента, шифру студентської групи; зміст; саме завдання та перелік використаних літературних джерел, нумерація яких є наскрізною.

Виконане індивідуальне завдання захищається у вигляді пояснення (виступу) на практичному занятті - для отримання максимально можливої кількості балів.



ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жук А., Малишев Г., Желябіна Н., Таратута К. Монтаж металургійного обладнання. Київ: Кондор, 2018. 382 с.
2. Жук А., Малишев Г., Желябіна Н., Таратута К. Ремонт металургійного обладнання. Київ : Кондор, 2016. 236 с.
3. Жук А., Малишев Г., Желябіна Н., Таратута К. Технічне обслуговування металургійного обладнання. Київ : Кондор, 2017. 288 с.
4. Воденніков С. А., Тарасов В. К., Воденнікова О. С. Конструкції агрегатів чорної металургії : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 192 с.
5. Bhagat R. P. Agglomeration of Iron Ores. 1st Ed. Boca Raton : CRC Press, 2019. 438 p.



Навчально-методичне видання

**Максим Вікторович Ягольник
Максим Миколайович Бойко**

**СУЧАСНЕ ТА ПЕРСПЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ
АГЛОМЕРАЦІЙНИХ ТА ДОМЕННИХ ЦЕХІВ:**

**методичні вказівки
до виконання практичних робіт
та індивідуальних завдань**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції