


ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

**МЕТАЛУРГІЯ ЧАВУНУ:  
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Запоріжжя 2024

**mip** metinvest  
polytechnic



УДК 669.1(072)  
М54

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

**Укладачі:**

Бойко М. М., канд. техн. наук, доцент;  
Ягольник М. В., канд. техн. наук, доцент;  
Реков Ю.В., канд. техн. наук

М54            **Металургія чавуну** : методичні вказівки до виконання курсової роботи / уклад.: М. М. Бойко, М. В. Ягольник, Ю.В. Реков. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 38 с.

Методичні вказівки містять роз'яснення, рекомендації, приклад розрахунків та довідковий матеріал до виконання курсової роботи. Приведені теоретичні основи та технологічне обґрунтування вибору шихти для роботи печі в пусковий період, а також схема розрахунку задувної шихти. Рекомендовані для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

УДК 669.1(072)



## ЗМІСТ

1	МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	4
2	ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	6
2.1	Порядок виконання та подання роботи на перевірку та захист .....	6
2.2	Застереження щодо академічної доброчесності.....	7
2.3	Критерії оцінювання курсових робіт .....	12
3	СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	16
3.1	Вимоги до структури курсової роботи.....	16
3.2	Приклад розрахунку задувної шихти .....	16
	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	30
	Додаток А .....	31
	Додаток Б .....	33
	Додаток В .....	34
	Додаток Г .....	35
	Додаток Д .....	36
	Додаток Е .....	37

# 1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота є самостійним дослідженням і важливою складовою практичної підготовки здобувачів освіти з дисципліни «Металургія чавуну» в рамках освітньо-професійної програми «Металургія чорних металів» спеціальності 136 Металургія (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх форм навчання.

Правильний вибір складу задувної шихти має велике значення. Вона повинна забезпечити не тільки виробництво чавуну та шлаку заданого складу, а й компенсувати додаткові витрати теплоти на реалізацію таких процесів, як нагрівання плавильних матеріалів до температур, при яких здійснюються процеси прямого відновлення заліза та інших елементів, утворюються чавун і шлак; розплавлення підвищеної, в порівнянні із звичайною, кількості шлаку та інше.


Мета курсової роботи – закріплення та поглиблення знань та навичок, отриманих під час вивчення дисципліни «Металургія чавуну».

**Основні задачі курсової роботи** – розвиток у студента здатності та навичок:

- вибір та обґрунтування складу, кількості «нульової» шихти;
- розрахунок «проміжних» шихти з заданим рудним навантаженням;
- визначення загальної кількості матеріалів першого об'єму завантаженої шихти;
- оцінка виходу чавуну та аналіз складу шлаку, його властивостей щодо відповідності заданим вимогам.

Виконання та захист курсової роботи передбачає формування та розвиток у здобувачів **компетентностей** та програмних результатів навчання відповідно до освітньо-професійної програми «Металургія чорних металів»:

- ЗК2. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- ЗК6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК7. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово
- ЗК9. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК13. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК14. Здатність планувати та управляти часом
- ЗК15.1 Здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів недоброчесності.
- СК17. Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації.
- СК25. Усвідомлення характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів відповідної спеціалізації.

- 
- СК29. Здатність забезпечувати якість продукції.
  - СК33. Здатність реалізовувати концепції ощадливого виробництва та загальні принципи зниження виробничих витрат у металургії, а також впроваджувати ресурсозберігаючі технології, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства.
  - СК35. Знання основних характеристик фізико-хімічних, гідро та газодинамічних, тепло та масообмінних процесів в металургії.
  - СК36. Уміння розраховувати сировинні і енергетичні ресурси за сучасними методиками.

**Очікувані результати навчання:**

- РН1. Концептуальні знання і розуміння фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації металургії, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.
- РН2. Знання і розуміння інженерних наук, що лежать в основі спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів програми, у тому числі достатня обізнаність в їх останніх досягненнях.
- РН3. Передові знання принаймні за однією зі спеціалізацій в металургії.
- РН4. Вміння виявляти, формулювати і вирішувати типові та складні й непередбачувані інженерні завдання і проблеми відповідно до спеціалізації, що включає збирання та інтерпретацію інформації (даних), вибір і використання відповідних обладнання, інструментів та методів, застосування інноваційних підходів.
- РН6. Вміння обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки.
- РН7. Вміння здійснювати пошук літератури, консультиватися і критично використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до спеціалізації
- РН10. Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації.
- РН14. Вміння ефективно формувати комунікаційну стратегію і спілкуватися державною та іноземною мовами з питань інформації, ідей, проблем та рішень, що стосуються спеціалізації, з інженерним співтовариством і суспільством загалом.
- РН15. Готовність до подальшого навчання з високим рівнем автономності.
- РН17. Вміння брати на себе відповідальність за прийняття рішень у непередбачуваних умовах
- РН26. Вміння аналізувати показники роботи металургійного агрегату, визначати їх вплив на ефективність процесу.



## 2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

### 2.1 Порядок виконання та подання роботи на перевірку та захист


Розробка задач роботи здійснюється на основі вихідних даних (Додаток А). Варіант розрахунку обирається відповідно до отриманого здобувачем вищої освіти "Завдання до курсової роботи" (Додаток Б) з наведенням орієнтовних дат виконання певних етапів курсової роботи. Після цього студент і викладач завіряють даний лист завдання своїми підписами. Згодом, при оформленні розрахунково-пояснювальної записки, заповнений бланк "Завдання..." підшивається після титульної сторінки.

Вихідними даними для розрахунку є: корисний об'єм печі; хімічний склад чавуну; основність шлаку; склад шихти; кількість та рудне навантаження (питома витрата коксу) в «проміжних» шихтах; рудне навантаження в першому об'ємі шихти; маса коксової колоші (в залежності від об'єму скіпа, який залежить від величини корисного об'єму); насипні маси окремих компонентів шихти (Додаток В). Хімічний склад компонентів задувної шихти наведені в Додатках Г, Д. Для спрощення рудне навантаження в першому об'ємі, його розподілення по висоті доменної печі та необхідна основність шлаку задаються, виходячи з виробничого досвіду. Для доменної печі, задувка якої буде проводитися, визначаються об'єми окремих елементів профілю.

Розрахунок починається з визначення кількості коксу для "нульової" шихти, яка займає об'єм горна, заплечиків, розпару і 10% об'єму шахти. В роботі ця шихта ділиться на три частини: нульова, перша та друга. Флюсові добавки для ошлакування золи коксу подаються спільно з коксом, який заповнює об'єм розпару та 10% об'єму шахти доменної печі (друга шихта). Розрахунок кількості коксу в кожній із об'ємів здійснюється по відомому об'єму частини профілю та насипній масі коксу. Кількість флюсових добавок визначається з балансу оксиду кремнію і монооксиду кальцію. Якщо в ролі флюсу використовується конверторний шлак, то після визначення його флюсуючої здібності необхідно враховувати, що частина кремнезему шлаку відновлюється до кремнію. Цей кремній розчиняється в чавуні, що утворився із конверторного шлаку (на відміну від вапняку в конверторному шлаці вміщується біля 20 % заліза).

Кількість подач коксу та флюсуючих добавок визначається, виходячи із заданої маси коксової колоші.

Решта об'єму доменної печі заповнюється однаковими за об'ємом «проміжними» шихтами. Розрахунок кількості залізорудних матеріалів в кожній з цих шихт здійснюють на основі заданих складу шихти та величини



рудного навантаження. Після цього визначається кількість подач кожної із «проміжних» шихт.

По кожній із шихт визначається вихід чавуну та шлаку. Потім виконується перевірочний розрахунок виходу чавуну та інших параметрів плавки.

Оформлення курсової роботи здійснюється у відповідності до встановлених вимог. Курсова робота повинна мати титульну сторінку (Додаток Е).

Під час виконання курсової роботи студенти відвідують консультації (за розкладом занять в аудиторіях або в дистанційній формі), на яких отримують рекомендації щодо виконання розділів курсової роботи та звітують про ступінь його готовності.

Контроль виконання, подання на перевірку і представлення закінченої курсової роботи здійснюється на освітній платформі Moodle, для чого створюється окремий курс під назвою: Курсова робота «Металургія чавуну».


Завершена курсова робота (розрахунково-пояснювальна записка) перевіряється керівником щодо рівня виконання завдання і в разі допуску захищається у встановлений термін перед комісією з 2-3 викладачів за участю лектора з дисципліни та керівника роботи. При оцінюванні курсової роботи враховується правильність виконання технічних розрахунків, доцільність прийнятих рішень, ретельність оформлення розрахунково-пояснювальної записки.

Підсумкова оцінка за виконання освітнього компоненту «Курсова робота «Металургія чавуну» складається з двох частин: 1) оцінки за зміст та оформлення пояснювальної записки; 2) оцінки за захист.

## **2.2 Застереження щодо академічної доброчесності**

Як член студентської спільноти Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» здобувач має дотримуватися певних стандартів та академічної політики:

- шахрайство та плагіат заборонені.
- методичні та інші матеріали, які отримані здобувачами в рамках процедур організації виконання курсової роботи, захищені авторським правом, можуть бути використані лише тільки здобувачами освіти, яким призначено даний курс, зарахованих на курс для цілей, пов'язаних з цим курсом і не можуть поширюватися.
- спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим.
- очікується, що здобувач освіти перевірятиме всі власні письмові повідомлення, включаючи поштові повідомлення, на коректність змісту та мови.



– університет прагне підтримувати середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти - здобувачів освіти, співробітників або відвідувачів.

Виконання курсової роботи має здійснюватися з урахуванням вимог щодо академічної доброчесності. Відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту»: «Академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень». Головним проявом академічної недоброчесності вважається академічний плагіат. Академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства, а саме:

а) відтворення в тексті роботи (повний текст роботи, з коментарями, примітками, бібліографією, переліком джерел та всіма додатками до основного тексту) без змін, з незначними змінами, або в перекладі тексту іншого автора (інших авторів), обсягом від речення і більше, без посилання на автора (авторів) відтвореного тексту;

б) відтворення в тексті роботи, повністю або частково, тексту іншого автора (інших авторів) через його перефразування чи довільний переказ без посилання на автора (авторів) відтвореного тексту;

в) відтворення в тексті роботи наведених в іншому джерелі цитат з третіх джерел без вказання, за яким саме безпосереднім джерелом наведена цитата.

г) відтворення в тексті роботи наведеної в іншому джерелі науково-технічної інформації (крім загальновідомої) без вказування на те, з якого джерела взята ця інформація.


д) перефразування тексту джерела у формі, що є близькою до оригінального тексту, або наведення узагальнення ідей, інтерпретацій чи висновків з певного джерела без посилання на це джерело;

е) подання як власних робіт, виконаних на замовлення іншими особами, у тому числі робіт, стосовно яких справжні автори надали згоду на таке використання.

Рекомендації щодо запобігання академічному плагіату в курсовій роботі:

а) робота має виконуватися самостійно, без видання за власний результат чужих робіт і результатів;

б) будь-який текстовий фрагмент обсягом від речення і більше, відтворений в тексті роботи без змін, із незначними змінами, або в перекладі з іншого джерела, обов'язково має супроводжуватися посиланням на це джерело (у формі підрядкового посилання, наприклад як це зроблено щодо Закону «Про освіту» на попередній сторінці); винятки



допускаються лише для стандартних текстових кліше, які не мають авторства та/чи є загальноживаними;

в) якщо перефразування чи довільний переказ в тексті роботи тексту іншого автора (інших авторів) займає більше одного абзацу, посилання (бібліографічне та/або текстуальне) на відповідний текст та/або його автора (авторів) має міститися щонайменше один раз у кожному абзаці роботи, крім абзаців, що повністю складаються з формул, а також нумерованих та маркованих списків (в останньому разі допускається подати одне посилання наприкінці списку);

г) якщо цитата з певного джерела наводиться за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на першоджерело; якщо цитата наводиться не за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на безпосереднє джерело цитування («цитується за ХХХХХХ») і посилання на відповідний пункт списку використаних джерел;

д) будь-яка наведена в тексті роботи науково-технічна інформація має супроводжуватися чітким вказуванням на джерело, з якого взята ця інформація із посиланням на відповідний пункт списку використаних джерел; винятки припускаються лише для загальновідомої інформації, визнаної всією спільнотою фахівців відповідного профілю; у разі використання у роботі тексту нормативно-правового акту достатньо зазначити його назву, дату ухвалення та, за наявності, дату ухвалення останніх змін до нього або нової редакції, а також посилання на відповідний пункт списку використаних джерел.


е) для підтвердження власних аргументів посиланням на авторитетне джерело або для критичного аналізу того чи іншого друкованого твору слід наводити цитати; науковий етикет потребує точно відтворювати цитований текст, бо найменше скорочення наведеного витягу може спотворити зміст, закладений автором.

Правила цитування та посилання на використані джерела є такими:

1. При написанні курсової роботи здобувач повинен давати посилання на джерела, матеріали з яких наводяться у проєкті. Такі посилання дають змогу відшукати документи та перевірити достовірність відомостей про цитування документа, дають необхідну інформацію щодо нього, допомагають з'ясувати його зміст, мову тексту, обсяг. Посилатися бажано на останні видання публікацій. На більш ранні видання можна посилатися лише в тих випадках, коли в них є матеріал, який не включено до останнього видання.

2. Якщо використовують відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке дано посилання в курсовій роботі.

3. Посилання додаються одразу після закінчення цитати у квадратних дужках, де вказується порядковий номер джерела у списку літератури та відповідна сторінка джерела (наприклад: [12, с. 172]), або



під текстом цієї сторінки у вигляді зноски, в якій вказують прізвище та ініціали автора, назву джерела, видавництво, рік видання та сторінку. При цьому враховувати наступне:

- текст цитати починається і закінчується лапками і наводиться в тій граматичній формі, в якій він поданий у джерелі, із збереженням особливостей авторського написання; наукові терміни, запропоновані іншими авторами, не виділяються лапками, за винятком тих, що викликали загальну полеміку – у цих випадках використовується вираз «так званий»;

- цитування повинно бути повним, без довільного скорочення авторського тексту та без перекручень думок автора;

- пропуск слів, речень, абзаців при цитуванні допускається без перекручення авторського тексту і позначається трьома крапками, вони ставляться у будь-якому місці цитати (на початку, всередині, наприкінці); якщо перед випущеним текстом або за ним стояв розділовий знак, то він не зберігається;

- кожна цитата обов'язково супроводжується посиланням на джерело;

- при непрямому цитуванні (переказі, викладі думок інших авторів своїми словами), що дає значну економію тексту, слід бути гранично точним у викладенні думок автора, коректним щодо оцінювання його результатів і давати відповідні посилання на джерело;

- якщо необхідно виявити ставлення автора роботи до окремих слів або думок з цитованого тексту, то після них у круглих дужках ставлять знак оклику або знак питання;

- коли автор роботи, наводячи цитату, виділяє в ній деякі слова, то робиться спеціальне застереження, тобто після тексту, який пояснює виділення, ставиться крапка, потім дефіс і вказуються ініціали автора дисертації, а весь текст застереження вміщується у круглі дужки. Варіантами таких застережень є: (курсив наш. – М.Х.), (підкреслено мною. – М.Х.), (розбивка моя. – М.Х.).


До числа інших порушень академічної доброчесності, класифікованих законодавством України, що можуть трапитися при виконанні курсової роботи, належать:

- фабрикація – вигадкування даних чи фактів, що використовуються в курсовому проєкті;

- фальсифікація – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються змісту курсової роботи;

- хабарництво – надання (отримання) учасником освітнього процесу чи пропозиція щодо надання (отримання) коштів, майна, послуг, пільг чи будь-яких інших благ матеріального або нематеріального характеру з метою отримання неправомірної переваги в освітньому процесі;

- необ'єктивне оцінювання – свідоме завищення або заниження оцінки результатів навчання здобувачів освіти.



В разі, якщо здобувач стикається із двома останніми формами порушень академічної доброчесності, він має повідомити про це завідувача кафедри, комісію з академічної доброчесності, Уповноваженого з питань протидії корупції, які, в свою чергу, повинні негайно після повідомлення забезпечити вжиття заходів попередження або виправлення таких порушень.

### **Регламенти і процедури виявлення порушень вимог академічної доброчесності та наслідки такого виявлення**

На першому етапі особа, відповідальна за перевірку документу на наявність плагіату, призначена кафедрою, проводить перевірку електронної версії документу на наявність ознак академічного плагіату за допомогою системи StrikePlagiarism.com (<http://strikeplagiarism.com>) (далі – Система), використання яких регламентується відповідними угодами університету. Система формує звіт подібності, що містить інформацію, яка вказує на наявність текстових та інших запозичень зі знайдених джерел. Така перевірка здійснюється з використанням функціоналу Moodle.

Відповідальна особа не дає оцінку змісту наукової складової, а виконує виключно технічну перевірку. Подальший аналіз звіту подібності здійснює науковий керівник.

У разі наявності сигналу «Тривога!» та/або «Білі знаки» в системі StrikePlagiarism.com робота обов'язково потребує додаткової перевірки наукового керівника або іншої відповідальної особи.

Виявлені у тексті роботи запозичення вважаються правомірними, якщо вони:

- є власними назвами (індивідуальними найменуваннями окремих одиничних об'єктів, у тому числі найменуваннями установ, назвами праць, які досліджувалися, бібліографічними посиланнями на джерела та ін.);
- є усталеними словосполученнями, що характерні для певної сфери знань;
- належним чином оформлені цитуваннями;
- містять кліше викладення результатів обробки результатів експерименту.

При значенні коефіцієнта подібності №1 вище 40% та/або коефіцієнта подібності №2 вище 5% в системі StrikePlagiarism.com особа, відповідальна за перевірку документу, визначає доцільність її подальшого аналізу, у тому числі із залученням експертів.

Усі запозичені фрагменти в документі мають бути розглянуті на предмет коректності оформлення цитувань та посилань на першоджерела.

На етапі перевірки на академічний плагіат курсових робіт/проектів:

- рукопис вважається достатньо оригінальним, якщо рівень оригінальності «задовільний» (від 41% до 60%), проте слід пересвідчитись у коректності надання посилань на першоджерела для цитованих

фрагментів та після доопрацювання, за рекомендаціями керівника роботи, випускається до захисту;

– якщо рівень оригінальності «низький» (від 21% до 40%), пропонується доопрацювати роботу за для підвищення рівня її оригінальності і пересвідчитися на коректність надання посилань на першоджерела для цитованих фрагментів та після доопрацювання направляється на повторну перевірку на рівень оригінальності тексту;

– якщо рівень оригінальності «неприйнятний» (від 0% до 20%), робота вважається з незадовільним рівнем оригінальності, наявні ознаки плагіату.

Робота повертається на доопрацювання здобувачеві вищої освіти з подальшою повторною перевіркою; у разі коли проходження повторної процедури перевірки на академічний плагіат виявило незадовільні результати, робота знімається з розгляду та не випускається на захист та входить в академічну заборгованість здобувача освіти із подальшою зміною теми рукопису та ліквідується згідно термінів ліквідації академічних заборгованостей, встановлених Університетом.

Рішення експертної ради кафедри формується на основі звіту подібності, що формується Системою та (за потреби) експертного аналізу наукового керівника. Зберігання висновків щодо перевірки у документах структурного підрозділу є обов'язковим протягом навчального року. Позитивний висновок щодо відсутності ознак плагіату для навчальних робіт може зазначатися керівником при захисті.

## 2.3 Критерії оцінювання курсових робіт

Критерії оцінювання змісту, оформлення та захисту курсової роботи надано в табл. 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 - Критерії оцінювання змісту та оформлення курсової роботи

Кількість балів	Критерії оцінювання
1	2
90-100	Здобувач демонструє високий рівень опанування освітнього компоненту. Зміст пояснювальної записки свідчить про оволодіння навичками самостійного (під керівництвом викладача) проведення дослідження та проектування. Прийняті в роботі рішення обґрунтовані і достатні. Текст викладено логічно, послідовно, науково-професійною державною мовою. Оформлення пояснювальної записки цілком відповідає вимогам.
82-89	Здобувач демонструє вищий за середній рівень опанування освітнього компоненту. Зміст пояснювальної записки свідчить про оволодіння навичками самостійного (під керівництвом викладача) проведення дослідження та проектування. Прийняті в роботі рішення обґрунтовані і

	достатні. Текст викладено логічно, послідовно, науково-професійною державною мовою. У формулюванні висновків та оформленні пояснювальної записки допущені незначні помилки.
75-81	Здобувач виявляє середній рівень опанування освітнього компоненту. Зміст пояснювальної записки свідчить про певні помилки в оволодінні навичками самостійного (під керівництвом викладача) проведення дослідження та проектування, при формулюванні висновків допущені окремі суттєві помилки. Прийняті в роботі рішення є досить обґрунтованими, але недостатньо чітко сформульованими або неповними. Текст викладено достатньо логічно і послідовно, але є помилки у використанні професійної термінології. У формулюванні висновків та оформленні пояснювальної записки допущені суттєві помилки.
65-74	Здобувач виявляє задовільний рівень опанування освітнього компонента, проте в його знаннях і проєктних рішеннях наявні суттєві помилки. Текст викладено недостатньо логічно і послідовно.

Таблиця 2.2 - Критерії оцінювання захисту курсової роботи

Кількість балів	Критерії оцінювання
90-100	Підготовка і подання завершеної роботи здійснювалися з повним дотриманням семестрового графіку. Доповідь і презентація змістовні, розкривають всі основні результати дослідження і проєктні рішення. Доповідь логічна, послідовна, чітка. Презентація повністю ілюструє положення доповіді. Відповіді на питання впевнені, свідчать про глибокі знання. Здобувач впевнено веде науково-технічну дискусію.
82-89	Підготовка і подання завершеної роботи здійснювалися з незначними відхиленнями від семестрового графіку. Доповідь і презентація змістовні, розкривають ключові результати дослідження і проєктні рішення. Доповідь незначним чином перевищила встановлену вимогами тривалість. Презентація містить надлишкову інформацію, або окремі положення доповіді не відображені в презентації. Відповіді на питання впевнені, свідчать про достатні знання з теми дослідження. Здобувач досить впевнено веде науково-технічну дискусію, однак в аргументації припускається помилок.
75-81	Підготовка і подання завершеної роботи здійснювалися з відхиленнями від семестрового графіку. Доповідь і презентація досить змістовні, розкривають ключові результати дослідження і проєктні рішення. Доповідь значним чином перевищила встановлену вимогами тривалість. Презентація містить надлишкову інформацію, або окремі положення доповіді не відображені в презентації. Відповіді на питання досить впевнені, свідчать про достатні знання з теми дослідження. Здобувач не досить впевнено веде науково-технічну дискусію, однак є труднощі з аргументацією при відстоюванні власної думки.
65-74	Підготовка і подання завершеної роботи здійснювалися зі значними відхиленнями від семестрового графіку. Завершену роботу подано із запізненням. Доповідь і презентація в цілому розкривають результати дослідження і проєктні рішення. Доповідь набагато перевищила встановлену вимогами тривалість. Презентація містить надлишкову інформацію, а низка ключових положень доповіді не відображені в презентації, презентація недостатньо інформативна, не повністю відповідає змісту доповіді. Відповіді на питання недостатньо впевнені,

свідчать про суттєві пробіли у знаннях. Здобувач не демонструє вміння вести у науково-технічну дискусію, має суттєві труднощі з аргументацією при відстоюванні власної думки.
---

Упродовж одного робочого дня після оголошення результатів оцінювання керівником процесу виконання, пояснювальної записки и курсової роботи здобувач освіти може звернутися до оцінювача за роз'ясненням щодо отриманої оцінки. Оцінювач має надати роз'яснення протягом одного робочого дня, однак щоб у здобувача освіти залишалась можливість оскарження результатів до завершення семестрового контролю. У випадку незгоди з наданим йому роз'ясненням щодо отриманої оцінки здобувач освіти не пізніше 12:00 наступного робочого дня після отримання роз'яснення може звернутись з умотивованою заявою щодо неврахування оцінювачем важливих обставин при оцінюванні до декана свого факультету.


Декан факультету ухвалює рішення за заявою здобувача освіти, керуючись аргументами, якими здобувач освіти мотивує свою незгоду з оцінкою, та поясненнями (усними чи письмовими) оцінювача. За рішенням декана комісія із захисту курсової роботи може переглянути рішення керівника курсової роботи щодо зазначеної оцінки. Крім того, за рішенням декана письмова робота здобувача освіти може бути надана для оцінки іншому науково-педагогічному працівнику, що відповідає профілю освітньої програми та має достатню компетенцію для оцінювання роботи здобувача освіти. Декан ухвалює рішення за заявою здобувача освіти, керуючись аргументами, якими здобувач освіти мотивує свою незгоду з оцінкою, та поясненнями (усними чи письмовими) оцінювача. У разі, якщо оцінка першого і повторного підсумкового оцінювання відрізняються більше ніж на 10 відсотків, робота автоматично передається для оцінки третьому оцінювачу, визначеному деканом, а підсумкова оцінка визначається як середнє трьох оцінок. В іншому разі чинною є оцінка, виставлена при першому оцінюванні.

За незгоди із результатами захисту курсової роботи або практики здобувач освіти у день оголошення оцінки може звернутися до комісії, яка проводила оцінювання, з незгодою щодо отриманої оцінки. Рішення щодо висловленої здобувачем незгоди приймає комісія.

Якщо здобувач освіти не згоден із рішенням комісії і вважає, що мало місце порушення процедури захисту або упередженість в оцінюванні, порушення академічної доброчесності, він може подати письмову заяву декану свого факультету. Декан своїм рішенням формує комісію для розгляду питання дотримання процедури. У разі підтвердження викладених у заяві здобувача освіти обставин за розпорядженням декана проводиться новий захист з іншим складом комісії.

Процедури, передбачені вище, не можуть бути використані здобувачем освіти у випадку незгоди з оцінками інших здобувачів освіти.

Якщо створена за заявою здобувача освіти (або за поданням



оцінювачів) розпорядженням декана факультету або першого проректора-проректора з навчальної роботи комісія або комісія з академічної доброчесності Університету виявить, що в ході семестрового контролю мали місце порушення, які вплинули на результат оцінювання знань студентів, не можуть бути усунені, ректор, не пізніше, ніж упродовж тижня з отримання висновку комісії має ухвалити рішення щодо про скасування результатів контрольного заходу і проведення повторного оцінювання результатів навчання для одного, декількох або всіх здобувачів освіти.



## 3 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

### 3.1 Вимоги до структури курсової роботи

Розрахунково-пояснювальна курсової роботи записка виконується у друкованому або рукописному вигляді на аркушах білого паперу формату А4 (210x297 мм) з полями: зверху, справа та знизу – 20 мм; зліва – 30 мм (на підшивання). При оформленні записки потрібно дотримуватись вимог стандарту ДСТУ 3008:2015 «Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення».

Розрахунково-пояснювальна записка повинна містити наступні складові:

Титульна сторінка (Додатку Е).

Завдання до курсової роботи(Додатку Б).

Реферат.

Зміст.

Вступ.

Основна частина.

Висновки.

Список використаних джерел слід формувати в тій послідовності, в якій присутні посилання на джерела в розрахунково-пояснювальній записці (в квадратних дужках, бажано з посиланням на конкретну сторінку друкованого видання). Необхідно дотримуватись загальних правил оформлення бібліографічних описів згідно ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».

Основна частина містить «Розрахунок задувної шихти», що виконується за прикладом (пункт 3.2 цих методичних вказівок) відповідно до варіанту індивідуального завдання здобувача вищої освіти.

### 3.2 Приклад розрахунку задувної шихти

Наведено приклад розрахунку для умов роботи доменної печі корисним об'ємом 2000м<sup>3</sup>.

Вихідні дані:

а) Склад шихти:

- агломерат;
- залізна руда ;
- конверторний шлак;
- кокс;

- співвідношення агломерату і залізної руди в залізорудній частині шихти- 60% : 40%.

б) Хімічний склад чавуну, %

Si	Mn	S	P	C	Fe	Σ
3,5	0,6	0,1	0,06	3,90	91,84	100,0

в) Основність шлаку- /CaO:SiO<sub>2</sub>/.- 1.15 од.

г) Уминка шихти- 14,5 %.

д) Насипна маса, т/м<sup>3</sup>: агломерату – 1,65; залізної руди – 2,1; коксу – 0,5; конверторного шлаку – 1,5.

е) Маса коксової колоші – 9 т.

є) Розподіл шихт по висоті доменної печі:

0ш – до осі повітряних фурм / Ош - "нульова" шихта /;

1ш – від фурм до розпару;

2ш – розпар і 10 % об'єму шахти;

3ш – 7ш- завантажуються нормальними подачами з рудним навантаженням:

3ш – 0,5 т/т, 4ш – 1,0 т/т, 5ш – 1,5 т/т, 6ш – 2,0 т/т, 7ш – 2,2 т/т.

ж) Об'єми елементів профілю (розраховуються на основі розмірів елементів профілю доменної печі з Додатка Б), м<sup>3</sup>:

Горн до осі повітряних фурм - 254 м<sup>3</sup>.

Від осі повітряних фурм до розпару – 284 м<sup>3</sup>.

Розпар – 158,7 м<sup>3</sup>.

Шахта – 1199,2 м<sup>3</sup>.

Колошник – 129,9 м<sup>3</sup>.

з) Характеристика компонентів задувної шихти.


Таблиця 3.1 - Хімічний склад компонентів задувної шихти

Назва матеріалів	Вміст, %									
	Fe	Mn	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO	MnO	S	CaO/SiO <sub>2</sub>
Залізна руда	49,37	-	15,87	1,64	1,36	3,0	11,5	-	0,04	-
Агломерат НКЗК-1	52,40	0,72	10,02	1,34	12,5	1,3	10,72	0,93	0,02	1,25
Зола коксу	19,16	-	44,74	10,22	3,92	1,26	-	-	-	-
Конверторний шлак	19,65	-	18,1	1,70	42,55	4,4	5,3	5,3	0,12	-

Технічний аналіз коксу(Дніпропетр.КХЗ): зола (А) – 10,6 %, сірка (S) – 1,66 %, летючі речовини (Л.Р) – 1,0 %, волога (W) – 3,9 %.

**Визначення складу та об'єму нульової, першої та другої шихт**  
Витрата коксу в нольовій шихті складе:

$$(254 \cdot 0,5)/0,855 = 148,5 \text{ т,}$$



де 254 – об'єм горна до осі повітряних фурм, м<sup>3</sup>;  
0,855 - коефіцієнт уминки матеріалів;  
0,5 – насипна маса коксу, т/ м.<sup>3</sup>

Кількість подач коксу нульової шихти:

$$148,5 / 18 = 8,25 \text{ подач,}$$

де 18 – маса коксу в холостій подачі, т/подачу.

Приймаємо- 9 подач.

Витрата коксу в першу шихту складе:

$$286 \cdot 0,5/0,855 = 167,25 \text{ т} = 167 \text{ т,}$$

де 286 – об'єм печі від осі повітряних фурм до розпару, м<sup>3</sup>.

Визначаємо кількість подач цієї шихти:

$$167/18 = 9,27 \text{ подач.}$$

Приймаємо 10 подач.

Об'єм печі для другої шихти:

$$158,7 + 1199,2 \cdot 10/100 = 278,6 \text{ м}^3,$$

де 1199,2 – об'єм шахти, м<sup>3</sup>.

Витрата коксу в другу шихту:

$$278,6 \cdot 0,5/0,855 = 162,9 \text{ т} = 163 \text{ т.}$$

Кількість подач другої шихти:


$$163 / 9 = 18,1 \text{ подач,}$$

де 9 – кількість коксу в подачі при завантаженні по системі КШК(Кокс-Конв. Шлак-Кокс), т.

Приймаємо 18 подач.

Сумарна витрата коксу першої та другої шихт:

$$167 + 163 = 330 \text{ т.}$$



При згоранні коксу другої шихти його зола переходить в шлак. Для забезпечення заданої основності шлаку, утвореного кислотою золою, в другу шихту додається в якості флюсової добавки конверторний шлак (вид добавки визначається завданням).

Розрахунок витрати конверторного шлаку в другу шихту (витрати флюсової добавки в «проміжні» шихти розраховуються аналогічно).

Порядок цього розрахунку є майже однаковим для різних видів флюсових добавок, але треба мати на увазі, що при використанні вапняку не виконуються пункти, які пов'язані з урахуванням виходу чавуну та додатковим відновленням кремнію.

Розрахунок конверторного шлаку:

а) в одній тонні коксу вміщується кремнезему:

$$1000 \cdot ((100-3,9)/100) \cdot 0,106 \cdot 0,4474 = 45,57 \text{ кг/т,}$$

де 0,106 – частка золи в коксі,  
3,9 – вологість коксу, %,  
0,4474 – частка SiO<sub>2</sub> в золі коксу;

б) кількість CaO, яку треба внести конверторним шлаком:

$$45,57 \cdot 1,15 = 52,41 \text{ кг/т коксу,}$$

де 1,15 – основність шлаку;

в) вихід чавуну з 1 т конверторного шлаку (цей і наступний пункти не виконуються, якщо в якості флюсу використовується вапняк):

$$1,0 \cdot 0,1965 / 0,9184 = 0,201 \text{ т/т,}$$

де 0,1965 – частка заліза в конверторному шлаці,  
0,9184 – частка заліза в чавуні;

г) кількість SiO<sub>2</sub> шлаку, яку необхідно відновити для одержання вмісту кремнію в чавуні (3.5%):

$$0,201 \cdot 0,035 \cdot 60 / 28 = 0,015 \text{ т/т} = 15 \text{ кг/т конверторного шлаку;}$$

д) флюсуюча здібність 1-ї тонни конверторного шлаку складе:

$$42,55 - (18,1 - 1,5) \cdot 1,15 = 23,45 \text{ \%,}$$

де 42,55 – вміст CaO у конверторному шлаці, %,  
18,1 – вміст SiO<sub>2</sub> у конверторному шлаці, %,  
1,5 - кремнезем конверторного шлаку, що відновлюється до кремнію



та переходить в чавун, %;

е) витрата конверторного шлаку на офлюсування кремнезему 1-ї тонни коксу:

$$52,41 / 0,2345 = 223,5 \text{ кг};$$

є) кількість конверторного шлаку для ошлакування кремнезему першої та другої шихт:

$$223,5 \cdot 330 / 1000 = 73,76 \text{ т};$$

ж) витрата конверторного шлаку у подачу другої шихти:

$$73,76 / 18 = 4,1 \text{ т};$$

з) уточнений об'єм другої шихти:

$$278,6 + (73,76 / 1,5) \cdot 0,855 = 320,6 \text{ м}^3.$$

#### **Розрахунок «проміжних» шихт із заданим рудним навантаженням**

Необхідно завантажити проміжними шихтами решту об'єму доменної печі:

$$2000 - (254 + 286 + 320,6) = 1139,4 \text{ м}^3.$$

Об'єм однієї шихти складає:

$$1139,4 / 5 = 228 \text{ м}^3,$$

де 5 – кількість проміжних шихт.

Розрахунок кількості компонентів третьої шихти при рудному навантаженні 0,5 т/т коксу.

Визначаємо витрату залізородної частини шихти в подачу:


$$9 \cdot 0,5 = 4,5 \text{ т},$$

у тому числі: агломерату  $4,5 \cdot 0,6 = 2,7 \text{ т};$

залізної руди  $4,5 \cdot 0,4 = 1,8 \text{ т}.$

Розрахунок витрати конверторного шлаку в подачу:

а) орієнтовний вихід чавуну з 1-ї подачі складе:


$$(9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,1916 + 2,7 \cdot 0,524 + 1,8 \cdot 0,4937) / 0,9184 = 2,7 \text{ т,}$$

де 0,524 й 0,4937 – частка заліза в агломераті й руді відповідно,  
0,961 – частка сухої маси в скіповому коксі,  
0,1916 – частка заліза в золі коксу,  
0,106 – частка золи в коксі;

б) вноситься  $\text{SiO}_2$  компонентами шихти:

$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,4474 + 2,7 \cdot 0,1002 + 1,8 \cdot 0,1587 = 0,97 \text{ т,}$$

де 0,1002 та 0,1587 - частка  $\text{SiO}_2$  в агломераті й руді відповідно;

в) переходить  $\text{SiO}_2$  в шлак:

$$0,97 - 2,7 \cdot 0,035 \cdot 60/28 = 0,77 \text{ т;}$$

г) необхідно внести  $\text{CaO}$  для ошлакування  $\text{SiO}_2$ :

$$0,77 \cdot 1,15 = 0,89 \text{ т;}$$

д) вноситься  $\text{CaO}$  золю коксу, агломератом та залізною рудою:

$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,0392 + 2,7 \cdot 0,125 + 1,8 \cdot 0,0136 = 0,398 \text{ т,}$$

де 0,0392; 0,125; 0,0136 – частка  $\text{CaO}$  в золі коксу, агломераті та залізній руді відповідно;

е) витрата конверторного шлаку складає:

$$(0,89 - 0,398) / 0,2345 = 2,09 \text{ т,}$$

де 0,2345 – флюсуюча здібність конверторного шлаку в частках одиниці.


Об'єм подачі 3-ї шихти складе:

$$(9 / 0,5 + 2,7 / 1,65 + 1,8 / 2,1 + 2,09 / 1,5) \cdot 0,855 = 18,7 \text{ м}^3.$$

Кількість подач 3-ї шихти складе:

$$228 / 18,7 = 12,19 \text{ подач.}$$

Приймаємо 12 подач.



Розрахунок кількості компонентів 4-ї шихти при рудному навантаженні 1,0 т/т коксу.

Визначаємо витрату залізорудної частини шихти в подачу:

$$9,0 \cdot 1,0 = 9 \text{ тонн,}$$

в тому числі: агломерату  $9 \cdot 0,6 = 5,4$  т;

залізної руди  $9 \cdot 0,4 = 3,6$  т.

Розрахунок витрати конверторного шлаку в подачу:

а) орієнтовний вихід чавуну з однієї подачі складе:

$$(9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,1916 + 5,4 \cdot 0,524 + 3,6 \cdot 0,4937) / 0,9184 = 5,21 \text{ т,}$$

де 0,524 й 0,4937 – частка заліза в агломераті та руді відповідно,

0,961 – частка сухої маси в скіповому коксі,

0,1916 – частка заліза в золі коксу,

0,106 – частка золи в коксі;

б) вноситься  $\text{SiO}_2$  компонентами шихти:

$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,4474 + 5,4 \cdot 0,1002 + 3,6 \cdot 0,1587 = 1,523 \text{ т,}$$

де 0,1002 й 0,1587 - частка  $\text{SiO}_2$  в агломераті та руді відповідно;

в) переходить  $\text{SiO}_2$  в шлак:

$$1,523 - 5,21 \cdot 0,035 \cdot 60/28 = 1,1 \text{ т;}$$

г) необхідно внести  $\text{CaO}$  для ошлакування  $\text{SiO}_2$ :

$$1,1 \cdot 1,15 = 1,27 \text{ т;}$$

д) вноситься  $\text{CaO}$  золою коксу, агломератом та залізною рудою:


$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,0392 + 5,4 \cdot 0,125 + 3,6 \cdot 0,0136 = 0,76 \text{ т,}$$

де 0,0392; 0,125; 0,0136 – частка  $\text{CaO}$  в золі коксу, агломераті та залізній руді відповідно;

е) витрата конверторного шлаку в подачу складе:

$$(1,27 - 0,76) / 0,2345 = 2,17 \text{ т,}$$

де 0,2345 – флюсуюча здібність конверторного шлаку.



Об'єм подачі 4-ї шихти складе:

$$(9 / 0,5 + 5,4 / 1,65 + 3,6 / 2,1 + 2,17 / 1,5) \cdot 0,855 = 21 \text{ м}^3.$$

Кількість подач 4-ї шихти складе:

$$228 / 21 = 10,85 \text{ подач.}$$

Приймаємо 11 подач.

Розрахунок кількості компонентів 5-ї шихти при рудному навантаженні 1,5 т/т коксу.

Визначаємо витрату залізорудної частини шихти в подачу:

$$9 \cdot 1,5 = 13,5 \text{ т,}$$

в тому числі: агломерату  $13,5 \cdot 0,6 = 8,1$  т;  
залізної руди  $13,5 \cdot 0,4 = 5,4$  т.

Розрахунок витрати конверторного шлаку в подачу:

а) орієнтовний вихід чавуну з однієї подачі складе:

$$(9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,1916 + 8,1 \cdot 0,524 + 5,4 \cdot 0,4937) / 0,9184 = 7,72 \text{ т,}$$

де 0,524 та 0,4937 – частка заліза в агломераті і руді відповідно,  
0,961 – частка сухої маси в скіповому коксі,  
0,1916 – частка заліза в золі коксу,  
0,106 – частка золи в коксі;

б) вноситься  $\text{SiO}_2$  компонентами шихти:

$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,4474 + 8,1 \cdot 0,1002 + 5,4 \cdot 0,1587 = 2,08 \text{ т,}$$

де 0,1002 та 0,1587 - частка  $\text{SiO}_2$  в агломераті й руді відповідно;


в) переходить  $\text{SiO}_2$  в шлак:

$$2,08 - 7,72 \cdot 0,035 \cdot 60/28 = 1,5 \text{ т;}$$

г) необхідно внести  $\text{CaO}$  для ошлакування  $\text{SiO}_2$ :

$$1,5 \cdot 1,15 = 1,73 \text{ т;}$$

д) вноситься  $\text{CaO}$  золою коксу, агломератом та залізною рудою:


$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,0392 + 8,1 \cdot 0,125 + 5,4 \cdot 0,0136 = 1,12 \text{ т,}$$

де 0,0392; 0,125; 0,0136 – частка CaO в золі коксу, агломераті та залізній руді відповідно;

е) витрата конверторного шлаку складає:

$$(1,73 - 1,12) / 0,2345 = 2,6 \text{ т,}$$

де 0,2345 – флюсуюча здібність конверторного шлаку.

Об'єм подачі 5-ї шихти складе:

$$(9 / 0,5 + 8,1 / 1,65 + 5,4 / 2,1 + 2,6 / 1,5) \cdot 0,855 = 23,2 \text{ м}^3.$$

Кількість подач 5-ї шихти складе:

$$228 / 23,2 = 9,83 \text{ подачі.}$$

Приймаємо 10 подач.

Розрахунок кількості компонентів 6-ї шихти при рудному навантаженні 2,0 т/т коксу.

Визначаємо витрату залізородної частини шихти в подачу:

$$9 \cdot 2,0 = 18 \text{ т,}$$

в тому числі: агломерату  $18 \cdot 0,6 = 10,8 \text{ т,}$   
залізної руди  $18 \cdot 0,4 = 7,2 \text{ т.}$

Розрахунок витрати конверторного шлаку в подачу:

а) орієнтовний вихід чавуну з однієї подачі складе:

$$(9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,1916 + 10,8 \cdot 0,524 + 7,2 \cdot 0,4937) / 0,9184 = 10,22 \text{ т,}$$

де 0,524 та 0,4937 – частка заліза в агломераті та руді відповідно,  
0,961 – частка сухої маси в скіповому коксі,  
0,1916 – частка заліза в золі коксу,  
0,106 – частка золи в коксі;

б) вноситься SiO<sub>2</sub> компонентами шихти:

$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,4474 + 10,8 \cdot 0,1002 + 7,2 \cdot 0,1589 = 2,64 \text{ т,}$$

де 0,1002 та 0,1589 - частка SiO<sub>2</sub> в агломераті і руді відповідно;



в) переходить  $\text{SiO}_2$  в шлак:

$$2,64 - 10,22 \cdot 0,035 \cdot 60/28 = 1,87 \text{ т};$$

г) необхідно внести  $\text{CaO}$  для ошлакування  $\text{SiO}_2$ :

$$1,87 \cdot 1,15 = 2,15 \text{ т};$$

д) вноситься  $\text{CaO}$  золою коксу, агломератом та залізною рудою:

$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,0392 + 10,8 \cdot 0,125 + 7,2 \cdot 0,0136 = 1,48 \text{ т},$$

де 0,0392; 0,125; 0,0136 – частка  $\text{CaO}$  в золі коксу, агломераті та залізній руді відповідно;

е) витрата конверторного шлаку складе:

$$(2,15 - 1,48) / 0,2345 = 2,86 \text{ т},$$

де 0,2358 – флюсуюча здібність конверторного шлаку.

Об'єм подачі 6-ї шихти складе:

$$(9 / 0,5 + 10,8 / 1,65 + 7,2 / 2,1 + 2,86 / 1,5) \cdot 0,855 = 25,54 \text{ м}^3.$$

Кількість подач 6-ї шихти складе:

$$228 / 25,54 = 8,92 \text{ подачі}.$$

Приймаємо 9 подач.

Розрахунок кількості компонентів 7-ї шихти при рудному навантаженні 2,2 т/т коксу.

Визначаємо витрату залізородної частини шихти в подачу:

$$9 \cdot 2,2 = 19,8 \text{ т},$$


в тому числі: агломерату  $19,8 \cdot 0,6 = 11,88 \text{ т};$

залізної руди  $19,8 \cdot 0,4 = 7,92 \text{ т}.$

Розрахунок витрати конверторного шлаку в подачу:

а) орієнтовний вихід чавуну з однієї подачі складе:

$$(9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,1916 + 11,88 \cdot 0,524 + 7,92 \cdot 0,4937) / 0,9184 = 11,23 \text{ т},$$



де 0,524 та 0,4937 – частка заліза в агломераті і руді відповідно,  
0,961 – частка сухої маси в скіповому коксі,  
0,1916 – частка заліза в золі коксу,  
0,106 – частка золи в коксі;

б) вноситься  $\text{SiO}_2$  компонентами шихти:

$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,4474 + 11,88 \cdot 0,1002 + 7,92 \cdot 0,1587 = 2,928 \text{ т,}$$

де 0,1002 та 0,1587 - частка  $\text{SiO}_2$  в агломераті й руді відповідно;

в) переходить  $\text{SiO}_2$  в шлак:

$$2,928 - 11,23 \cdot 0,035 \cdot 60/28 = 2,09 \text{ т;}$$

г) необхідно внести  $\text{CaO}$  для ошлакування  $\text{SiO}_2$ :

$$2,09 \cdot 1,15 = 2,4 \text{ т;}$$

д) вноситься  $\text{CaO}$  золою коксу, агломератом та залізною рудою:

$$9 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,0392 + 11,88 \cdot 0,125 + 7,92 \cdot 0,0136 = 1,63 \text{ т,}$$

де 0,0392; 0,125; 0,0136 – частка  $\text{CaO}$  в золі коксу, агломераті та залізній руді відповідно;

е) витрата конверторного шлаку складе:

$$(2,4 - 1,63) / 0,2345 = 3,28 \text{ т,}$$

де 0,2345 – флюсуюча здібність конверторного шлаку.

Об'єм подачі 7-ї шихти складе:

$$(9 / 0,5 + 11,88 / 1,65 + 7,92 / 2,1 + 3,28 / 1,5) \cdot 0,855 = 26,8 \text{ м}^3.$$

Кількість подач 7-ї шихти складе:

$$228 / 26,8 = 8,51 \text{ подачі.}$$

Приймаємо 8 подач.

## Розрахунок кількості матеріалів першого об'єму завантаженої шихти

Результати розрахунку загальної кількості шихтових матеріалів першого об'єму завантаженої в доменну піч задувної шихти зведені у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - Характеристика задувної шихти для доменної печі об'ємом 2000 м<sup>3</sup>.

Назва шихти	Витрата матеріалів, т				Кількість подач	Рудне навантаження, т/т коксу	Те ж з урахуванням флюсу, т/т коксу
	Кокс	Агломерат	Залізна руда	Конверторний шлак			
0ш	148,5	-	-	-	9	0	0
1ш	167,25	-	-	-	10	0	0
2ш	162,9	-	-	73,76	18	-	0,45
3ш	108	32,4	21,6	25,08	12	0,5	0,73
4ш	99	59,4	39,6	23,78	11	1,0	1,24
5ш	90	81,0	54,0	26,0	10	1,5	1,79
6ш	81	97,2	64,8	25,74	9	2,0	2,32
7ш	72	95,04	63,36	26,24	8	2,2	2,56

З даних таблиці видно, що задувна шихта для першого об'єму доменної печі включає наступну кількість шихтових матеріалів:

Коксу	928,65 т,
Агломерату	365,04 т,
Залісної руди	243,30 т,
Конверторного шлаку	200,60 т.

Рудне навантаження задувної шихти складає величини: 0,66 т/т (без конверторного шлаку) та 0,87 т/т (з конверторного шлаку). Для завантаження в піч задувної шихти наведеної кількості необхідно 87 подач.

## Оцінка виходу чавуну і шлаку та відповідності їх властивостей заданим умовам

Розрахунок кількості чавуну, що утвориться при проплавці в печі першого об'єму задувної шихти проводиться на основі балансу заліза:

$$(928,65 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,1916 + 365,04 \cdot 0,524 + 243,36 \cdot 0,4937 + 200,6 \cdot 0,1965) / 0,9184 = 401,75 \text{ т.}$$

Вихід шлаку з першого об'єму завантаженої шихти визначається за сумою чотирьох головних шлакоутворюючих оксидів (SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>):

а) внесено SiO<sub>2</sub> коксом, агломератом, залізною рудою та



конверторним шлаком:

$$928,65 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,4474 + 365,04 \cdot 0,1002 + 243,36 \cdot 0,1587 + 200,6 \cdot 0,181 = 153,83 \text{ т};$$

б) кількість  $\text{SiO}_2$ , що перейшла в шлак, з урахуванням витрат  $\text{SiO}_2$  на відновлення кремнію в чавун:

$$153,83 - 401,75 \cdot 0,035 \cdot 60/28 = 123,7 \text{ т};$$

в) внесено  $\text{CaO}$  шихтовими матеріалами:

$$928,65 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,0392 + 365,04 \cdot 0,125 + 243,36 \cdot 0,0136 + 200,6 \cdot 0,4255 = 138,0 \text{ т};$$

г) внесено  $\text{MgO}$  шихтовими матеріалами:

$$928,65 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,0126 + 365,04 \cdot 0,013 + 243,36 \cdot 0,03 + 200,6 \cdot 0,044 = 22,1 \text{ т};$$

д) внесено  $\text{Al}_2\text{O}_3$  шихтовими матеріалами:

$$928,65 \cdot 0,106 \cdot 0,961 \cdot 0,2022 + 365,04 \cdot 0,0134 + 243,36 \cdot 0,0164 + 200,6 \cdot 0,017 = 31,42 \text{ т};$$

е) вихід шлаку за чотирма компонентами:

$$123,7 + 138,0 + 22,1 + 31,42 = 315,22 \text{ т}.$$


На підставі таблиці 3.2, розрахунку виходу чавуну та шлаку визначаємо витрату матеріалів та вихід шлаку на 1 тону чавуну, т:

Коксу	2,31 т,
Агломерату	0,909 т,
Залізної руди	0,606 т,
Конверторного шлаку	0,499 т.
Вихід шлаку	0,785 т.

Шлак, що утворився в печі після проплавки задувної шихти, перевіряється на відповідність його властивостей заданим умовам. Для цього оцінюється склад шлаку та його спроможність поглинати сірку чавуну.

Склад шлаку :  $\text{SiO}_2$ -39,24 %;  $\text{CaO}$ -43,78 %;  $\text{MgO}$  – 7,01 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 9,96 %.

Основність шлаку( $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ ) – 1,12 од., її величина відповідає заданим умовам.



Спроможність шлаку до поглинання сірки чавуну перевіряється шляхом розрахунку вмісту сірки в чавуні. Для цього необхідно оцінити загальну кількість сірки, що вноситься компонентами задувної шихти.

Вноситься сірки шихтовими матеріалами, т:

Коксом	15,43
Агломератом	0,073
Залізною рудою	0,097
Конверторним шлаком	0,240
Всього	15,83

За формулою С. Т. Ростовцева[1] вміст сірки в чавуні складе:

$$[S]=S_{\text{зал}}/(L_s \cdot n+1)$$

де  $S_{\text{зал}}$  - кількість сірки, що вноситься шихтовими матеріалами в піч без урахування сірки колосникового пилу;  $L_s$ - коефіцієнт розподілу сірки поміж чавуном та шлаком;  $n$ - вихід шлаку на одиницю маси виплавленого чавуну.

Розрахунок кількості залишкової сірки:

Приймаємо, що в перший період задувки вся сірка розподіляється між чавуном та шлаком.

Тоді,  $S_{\text{зал}} = 15,83 \cdot 100 / 401,75 = 3,94$  кг сірки на 100 кг чавуну.

Приймаємо на основі даних[6] величину коефіцієнта  $L_s = 60$ од.

Тоді  $[S] = 3,94 / (60 \cdot 0,785 + 1) = 0,082$  %.

Таким чином, результати проведених розрахунків показали, що вибраний склад задувної шихти забезпечує раціональний режим задувки печі, отримання першого чавуну та шлаку необхідного складу та властивостей.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [Чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ. 2016. 31 с. (Інформація та документація).
2. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ. 2016. 20 с. (Інформація та документація).
3. Лялюк В. П. Теорія і технологія доменної плавки : навч. посіб. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д. О., 2020. 516 с
4. Dian Z. C. Blast furnace production of technical manuals. Metallurgical Industry Press Pub, 1991. 881 p.
5. Johnson J. E. The Principles Operation and Products of the Blast Furnace. Forgotten Books, 2018. 577 p.
6. Ghosh A., Chatterjee A. Ironmaking and Steelmaking: Theory and Practice. PrenticeHall of India Pvt. Ltd., 2008. 472 p.
7. Мовчан В. П., Бережний М. М. Основи металургії. Дніпропетровськ : «Пороги», 2001. 334 с.
8. Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручник / Д. Ф. Чернега та ін. Київ : Вища школа, 2006. 503 с.
9. Totten G. E., Funatani K., Xie L. Handbook of Metallurgical Process Design. CRC Press, 2004. 984 p.
10. Sujay K. D., Yakshil B. C. Basic concepts of iron and steel making. Springer, 2020. 645 p.
11. Положення про організацію освітнього процесу у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». URL: <https://metinvest.university/page/1171> (дата звернення: 31.05.2024).
12. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. Дата оновлення: 24.03.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 06.02.2024).
13. Правила цитування та посилання на використані літературні джерела : Studopedia.org. URL: <https://studopedia.org/2-31712.html> (дата звернення: 11.01.2024).
14. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення: 24.03.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 08.02.2024).

## Вихідні данні для виконання різних варіантів розрахунку задувної шихти

Варіанти	Склад шихти	Склад чавуну, %	Основність	Уминка, %	Маса коксової колоші, т	Насипна маса матеріалів, т/м <sup>3</sup>	Корисний обсяг домни, м <sup>3</sup>
1	Агломерат АрселорМіттал Кривий Ріг - 50%; Руда Криворізького родовища – 50 %; Конверторний шлак АрселорМіттал Кривий Ріг; Кокс Криворізького КХЗ.	Si – 3.0 S – 0.1 C – 4.1 Mn – 0.9 P – 0.06 Fe – 91.84	1.18	14.0	9.0	Агломерат – 1.65 Залізна руда – 2.1 Кокс -0.5 Конверт. шлак –1.5	2000
2	Агломерат МК "Запоріжсталь" – 60%; Руда Криворізького родовища – 40%; Конверторний шлак КАМЕТ СТАЛЬ; Кокс Баглійського КХЗ.	Si – 3.5 S – 0.1 C – 3.9 Mn – 0.6 P – 0.06 Fe – 91.84	1.15	14.5	6.0	Агломерат – 1.68 Залізна руда – 2.1 Кокс -0.47 Конверт. шлак –1.45	1386
3	Агломерат КАМЕТ СТАЛЬ - 60%; Руда Криворізького родовища. – 40%; Конверторний шлак КАМЕТ СТАЛЬ; Кокс Дніпровський КХЗ.	Si – 3.0 S – 0.1 C – 4.2 Mn – 0.8 P – 0.06 Fe – 91.84	1.2	15.0	7.0	Агломерат – 1.66 Залізна руда – 2.1 Кокс -0.48 Конверт.шлак –1.45	1719
4	Агломерат АрселорМіттал Кривий Ріг - 70%; Руда Білозерського родовища – 30% Вапняк 3; Кокс Баглійського КХЗ.	Si - 2.5 S – 0.1 C – 4.4 Mn – 0.6 P – 0.06 Fe – 93.15	1.19	14.5	9.0	Агломерат – 1.73 Залізна руда – 1.9 Кокс -0.46 Вапняк –1.29	2000
5	Агломерат КАМЕТ СТАЛЬ - 60%; Залізна руда Білозерського родовища - 40%; Вапняк 2; Кокс Дніпровський КХЗ.	Si – 2.5 S – 0.1 C – 4.2 Mn – 0.8 P – 0.06 Fe – 92.34	1.15	14.0	6.0	Агломерат – 1.75 Залізна руда – 1.96 Кокс -0.49 Вапняк –1.29	1513
6	Агломерат МК "Запоріжсталь" - 60%; Залізна руда Білозерського родовища – 40 %; Конверторний шлак АрселорМіттал Кривий Ріг; Кокс Баглійського КХЗ.	Si – 3.5 S – 0.2 C – 3.85 Mn – 0.5 P – 0.05 Fe – 91.90	1.0	14.5	10.0	Агломерат – 1.65 Залізна руда – 2.01 Кокс -0.5 Конверт.шлак –1.45	5000

7	Залізна руда Білозерського родовища - 100 %; Вапняк 1; Кокс Запорізьський КХЗ.	Si – 4.0 S – 0.08 C – 4.2 Mn – 0.6 P – 0.05 Fe – 91.07	1.0	15.0	3.2	Залізна руда – 1.98 Кокс -0.49 Вапняк –1.29	1033
8	Агломерат КАМЕТ СТАЛЬ - 60%; Руда Криворізького родовища – 40%; Вапняк 3; Кокс Дніпровський КХЗ.	Si – 3.5 S – 0.1 C – 3.9 Mn – 0.6 P – 0.06 Fe – 91.84	1.15	14.5	9.0	Агломерат – 1.73 Залізна руда – 2.1 Кокс -0.49 Вапняк –1.29	2300
9	Агломерат АрселорМіттал Кривий Ріг - 70%; Руда Криворізького родовища – 30%; Вапняк 2; Кокс Баглійського КХЗ.	Si – 4.0 S – 0.1 C – 4.1 Mn – 0.6 P – 0.05 Fe – 91.15	1.07	14.5	3.2	Агломерат – 1.65 Залізна руда – 2.1 Кокс -0.48 Вапняк –1.29	1033
10	Агломерат МК "Запоріжсталь" - 80%; Руда Білозерського родовища – 20%; Вапняк 1; Кокс Запорізького КХЗ.	Si – 3.0 S – 0.12 C – 4.3 Mn – 0.7 P – 0.05 Fe – 91.83	1.05	14.0	6.0	Агломерат – 1.68 Залізна руда – 1.9 Кокс -0.48 Вапняк –1.3.	1513



## Характеристика елементів профілю доменних печей

Параметри	Корисний об'єм доменних печей, м <sup>3</sup>									
	1033	1386	1513	1719	2002	2300	2700	3000	3200	5000
d <sub>г</sub> , м	7,2	8,2	8,6	9,1	9,75	10,5	11,0	11,6	12,0	14,7
D, м	8,2	9,3	9,6	10,2	10,9	11,7	12,3	12,8	13,1	16,1
d <sub>к</sub> , м	5,8	6,5	6,6	6,9	7,3	7,3	8,1	8,4	8,9	10,8
H, м	28,7	31,2	30,75	31,25	32,36	33,15	33,65	34,95	35,29	36,1
H <sub>п</sub> , м	26,0	27,3	28,0	28,5	29,4	30,2	31,2	32,36	32,13	33,5
h <sub>г</sub> , м	3,2	3,2	3,2	3,2	3,6	3,8	3,9	3,9	3,9	4,4
h <sub>з</sub> , м	3,0	3,2	3,2	3,0	3,0	3,2	3,4	3,2	3,4	3,7
h <sub>р</sub> , м	2,0	2,0	1,8	2,0	1,7	1,7	2,2	2,0	2,3	1,7
h <sub>ш</sub> , м	15,0	16,0	17,3	17,8	18,2	19,0	18,7	20,1	19,6	20,7
h <sub>к</sub> , м	2,8	2,9	2,5	2,5	2,9	2,5	3,0	3,0	2,99	3,0
α <sub>ш</sub> , град	85°	84°	85°	84°	84°	84°	83°	83°	83°	82°
	25'	69'	02'	42'	21'	21'	35'	45'	53'	42'
	34"	52"	40"	14"	06"	06"	33"	14"	00"	17"
α <sub>запл</sub> , град	80°	80°	81°	79°	79°	79°	79°	79°	80°	79°
	32'	14'	07'	36'	09'	09'	10'	22'	49'	17'
	15"	51"	10"	40"	00"	00"	38"	49"	00"	13"

## Характеристика коксу різних коксохімічних заводів(КХЗ)

Назва виробника коксу	Технічний аналіз, %			
	Волога	Зола	Сірка	Лет.реч.
Баглійський КХЗ	4.3	10.1	1.74	1.1
Дніпровський КХЗ	3.9	10.2	1.42	1.2
Криворізький КХЗ	4.0	10.7	1.68	1.1
Запорізький КХЗ	4.1	10.5	1.54	1.0

Назва виробника коксу	Вміст, %				
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Баглійський КХЗ	27.50	40.00	21.10	3.33	1.91
Дніпровський КХЗ	26.81	41.02	20.87	3.27	1.89
Криворізький КХЗ	25.80	42.40	22.40	2.80	1.16
Запорізький КХЗ	27.80	39.40	21.70	3.33	2.02

## Хімічний склад компонентів задувної шихти

Назва матеріала	Вміст, %								
	Fe	Mn	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO	S	Осн.
Руда Криворізького родовища	52.3	0.116	15.50	0.55	1.40	4.23	18.9	0.058	0.090
Руда Білозерського родовища	52.0	0.016	23.20	1.00	0.11	0.18	1.0	0.005	0.004
Агломерат КАМЕТ СТАЛЬ	51.60	-	10.4	1.20	13.00	1.50	9.10	0.065	1.297
Агломерат АрселорМіттал Кривий Ріг	53.00	0.80	9.40	1.10	12.10	1.00	13.20	0.060	1.287
Агломерат МК Запоріжсталь	50.20	0.60	9.80	1.10	16.60	1.40	10.30	0.073	1.694
Вапняк 1	0.49	0.01	1.60	0.80	53.50	0.70	-	0.120	-
Вапняк 2	0.21	-	1.30	0.50	54.00	0.70	-	0.120	-
Вапняк 3	0.28	-	2.00	0.60	54.00	0.50	-	0.02	-
Конверторний шлак КАМЕТ СТАЛЬ	21.10	-	19.00	1.56	43.10	4.50	-	0.24	2.268
Конверторний шлак АрселорМіттал Кривий Ріг	19.65	-	18.10	1.70	42.55	4.40	-	0.18	2.350



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА"  
Кафедра «Металургії та організації виробництва»

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА  
ЗАПИСКА  
до курсової роботи  
«Металургія чавуну»  
для студентів спеціальності 136 «Металургія»

ВИКОНАВ:

студент гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Ім'я ПРІЗВИЩЕ  
(підпис)

КЕРІВНИК:

\_\_\_\_\_ кафедри МОВ  
\_\_\_\_\_ Ім'я ПРІЗВИЩЕ  
(підпис)

Оцінка за національною шкалою \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка ECTS \_\_\_\_\_

Запоріжжя 20\_\_\_\_



*Навчально-методичне видання*

**Максим Миколайович Бойко  
Максим Вікторович Ягольник  
Юрій Васильович Реков**

**МЕТАЛУРГІЯ ЧАВУНУ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції