

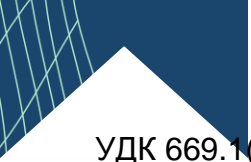
**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**МЕТАЛУРГІЯ СТАЛІ:**

**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:**

Нізяєв К.Г., докт. техн. наук, професор  
Синегін Є.В., канд. техн. наук, доцент  
Стоянов О.М., канд. техн. наук, доцент  
Семірягін С.В., канд. техн. наук, доцент

М54            **Металургія сталі** : методичні вказівки до виконання курсової роботи /  
уклад.: К. Г. Нізяєв, Є. В. Синегін, О. М. Стоянов, С. В. Семірягін.  
Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 32 с.

Методичні вказівки містять роз'яснення, розрахунок матеріального і теплового балансів киснево-конвертерної плавки з верхнім дуттям, а також дана структура розрахунку процесів розкислення конвертерної сталі. Рекомендовані для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

УДК 669.1(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024



## 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 .....	15
3.1	Вимоги до структури курсової роботи .....	15
3.2	Приклад розрахунку розділів курсової роботи.....	15
	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	29
	Додаток А.....	30
	Додаток Б.....	31
	Додаток В.....	32



# 1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ

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

Виробництво сталі в конверторах займає основне місце в технологіях виробництва сталі, що забезпечує високу якість металу і мінімізацію матеріало- та енерговитрат.


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

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

- самостійно оцінювати матеріальні і енергетичні складові конвертерної плавки;
- самостійно формувати висновки щодо теплової роботи конвертерного агрегату, і запропонувати шляхи покращення енергоефективності виробництва сталі;
- технічно грамотно обґрунтовувати прийняті рішення та отримані результати.

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 принаймі 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, консультуватися 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

Курсова робота видається до виконання викладачем на початку навчального семестру. Студент обирає індивідуальні вихідні дані за своїм варіантом (Додаток А).

Самостійно аналізуючи отримані дані студент здійснює розрахунок матеріального і теплового балансу конвертерної плавки з верхнім дуттям, а також відповідно до заданої марки сталі розраховує необхідну кількість феросплавів для легування металу. Додаткові дані, потрібні для розрахунків, а також значення необхідних коефіцієнтів приймаються зазначених рекомендацій, або студентом самостійно з обґрунтуванням у тексті розрахунково-пояснювальної записки.

Оформлення курсової роботи здійснюється у відповідності до встановлених вимог. Курсова робота повинна мати титульну сторінку (Додаток Б) та завдання до курсової роботи (Додаток В).

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 сталі».

Завершений 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. При оцінюванні курсової роботи враховується правильність виконання технічних розрахунків, доцільність прийнятих рішень, обґрунтованість висновків.

Підсумкова оцінка за виконання освітнього компоненту «Курсова робота «Металургія сталі» 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 («цитуються 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 круглій дужці. 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 проекті;
- 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/проєктів:

- 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 помилка.
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

Курсова робота складається з розрахунково-пояснювальної записки. Розрахунково-пояснювальна 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 (Додаток Б).
- Завдання до курсової роботи (Додаток В).
- 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 розрахунки, що виконуються за прикладом (пункт 3.2 цих методичних вказівок) відповідно до варіанту індивідуального завдання здобувача вищої освіти.

### 3.2 Приклад розрахунку розділів курсової роботи

Розрахунок виконується на 100 кг металошихти (маса чавуну + маса скрапу).

Розрахувати параметри киснево-конвертерної плавки для наступних вихідних даних:

- хімічний склад чавуну;
- хімічний склад сталі, що виплавляється;
- температура чавуну, що заливається в конвертер –  $t_{\text{ЧАВ}}$ , °С;
- температура сталі в кінці продувки в конвертері –  $t_{\text{СТ}}$ , °С;

- матеріал футерівки конвертера – смолодоломіт;
- ступінь допалювання вуглецю до CO<sub>2</sub> в ванні конвертера (або частка CO<sub>2</sub> в сумі  $\Sigma = \text{CO} + \text{CO}_2$  у складі конвертерних газів) -  $\alpha = 0,10 - 0,15$ .

Таблиця 3.1 - Вихідні данні для розрахунку

Матеріал	Вміст елементів, %				
	C	Si	Mn	P	S
Рідкий чавун	C <sub>ЧАВ</sub>	Si <sub>ЧАВ</sub>	Mn <sub>ЧАВ</sub>	P <sub>ЧАВ</sub>	S <sub>ЧАВ</sub>
Готова сталь	C <sup>H</sup> <sub>СТ</sub> – C <sup>B</sup> <sub>СТ</sub>	Si <sup>H</sup> <sub>СТ</sub> – Si <sup>B</sup> <sub>СТ</sub>	Mn <sup>H</sup> <sub>СТ</sub> – Mn <sup>B</sup> <sub>СТ</sub>	P <sup>B</sup> <sub>СТ</sub>	S <sup>B</sup> <sub>СТ</sub>

Примітка: індекси "н" і "в" – нижня і верхня межі вмісту елемента.

### Розрахунок матеріального балансу періоду продувки

Передчасне визначення витрати скрапу  
(M<sub>СКР</sub>, кг/100 кг металошихти):

$$M'_{СКР} = \frac{\Sigma \Delta H_{ЧАВ}^{XIM} + 88 \cdot t_{ЧАВ} - 105,6 \cdot t_{СТ} - 11440 \cdot C_{ПОВ} + 17600}{(10^{-2} \cdot \Sigma \Delta H_{ЧАВ}^{XIM} + 0,88 \cdot t_{ЧАВ})},$$

де  $\Sigma \Delta H_{ЧАВ}^{XIM}$  - загальна кількість тепла, що виділяється при повному окисленні домішок чавуну, кДж/100 кг чавуну;

$C_{ПОВ}$  - вміст вуглецю на повалці конвертера (див. табл. 3.1):

$$C_{ПОВ} \approx \frac{C_{СТ}^H + C_{СТ}^B}{2}, \%$$

Хімічне тепло чавуну  $\Sigma \Delta H_{ЧАВ}^{XIM}$ , кДж/100 кг:

$$\Sigma \Delta H_{ЧАВ}^{XIM} = (10182 + 23550 \cdot \alpha) \cdot C_{ЧАВ} + 26942 \cdot Si_{ЧАВ} + 7040 \cdot Mn_{ЧАВ} + 19777 \cdot P_{ЧАВ}$$

де  $C_{ЧАВ}$ ,  $Si_{ЧАВ}$ ,  $Mn_{ЧАВ}$ ,  $P_{ЧАВ}$  - вміст відповідних домішок в чавуні, % (див. табл. 4.1); цифри біля символів – теплові ефекти окислення вказаних домішок, кДж/кг.

Визначення кількості домішок, внесених металевою частиною шихти  
Маса чавуну, що заливається в конвертер, складає:

$$M'_{ЧАВ} = 100 - M'_{СКР}, \text{ кг (\%)}.$$

Однак на практиці чавун зважується разом з міксерним шлаком; кількість останнього "а" коливається в межах 0,5 – 1,8 % від маси чавуну. Тоді дійсна кількість залитого в конвертер чавуну дорівнює:

$$M_{\text{ЧАВ}} = M'_{\text{ЧАВ}} \cdot \left(1 - \frac{a}{100}\right), \text{ кг (\%)}.$$

Саме так дійсну кількість скрапу, що попадає в конвертер, треба визначати з урахуванням його забруднень "в" (звичайно  $v = 0,5 - 2,0$  %) та окалини "с" ( $c = 1,0 - 1,5$  % від маси скрапу):

$$M_{\text{СКР}} = M'_{\text{СКР}} \cdot \left(1 - \frac{v+c}{100}\right), \text{ кг (\%)}.$$

Кількість домішок, внесених металеву шихтою, приведемо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Кількість домішок, внесених металеву шихтою

Вносять	Вміст елементів в металошихті, %				
	C	Si	Mn	P	S
Чавун	$M_{\text{ЧАВ}} \cdot \frac{C_{\text{ЧАВ}}}{100}$	$M_{\text{ЧАВ}} \cdot \frac{Si_{\text{ЧАВ}}}{100}$	$M_{\text{ЧАВ}} \cdot \frac{Mn_{\text{ЧАВ}}}{100}$	$M_{\text{ЧАВ}} \cdot \frac{P_{\text{ЧАВ}}}{100}$	$M_{\text{ЧАВ}} \cdot \frac{S_{\text{ЧАВ}}}{100}$
Скрап *	$M_{\text{СКР}} \cdot \frac{C_{\text{СТ}}^H + C_{\text{СТ}}^B}{200}$	$M_{\text{СКР}} \cdot \frac{Si_{\text{СТ}}^H + Si_{\text{СТ}}^B}{200}$	$M_{\text{СКР}} \cdot \frac{Mn_{\text{СТ}}^H + Mn_{\text{СТ}}^B}{200}$	$M_{\text{СКР}} \cdot \frac{P_{\text{СТ}}^B}{100}$	$M_{\text{СКР}} \cdot \frac{S_{\text{СТ}}^B}{100}$
Разом	$C_{\text{МЕТ.Ш}}$	$Si_{\text{МЕТ.Ш}}$	$Mn_{\text{МЕТ.Ш}}$	$P_{\text{МЕТ.Ш}}$	$S_{\text{МЕТ.Ш}}$

\* Хімічний склад скрапу, оскільки він отриманий на даному заводі, приймається рівним хімічному складу готової сталі.

Визначення витрати шлакоутворюючих (на 100 кг металошихти).

Витрата плавикового шпату  $M_{\text{П.Ш}}$  складає 0,15 – 0.50 % від маси металошихти (чим нижче  $S_{\text{СТ}}^B$ , тим він вище).

Знос футерівки збільшується, якщо виплавляються сталі з більш низьким вмістом вуглецю  $C_{\text{ПОВ}}$  і збільшується витрата чавуну на плавку  $M_{\text{ЧАВ}}$ :

$$M_{\Phi} = \frac{M_{\text{ЧАВ}}}{100} \cdot (0,6 - 0,71 \cdot C_{\text{ПОВ}}), \text{ кг}$$

Потрібна кількість вапна визначається з рівняння:

$$M_{BA\Pi} = \frac{\Sigma SiO_2 \cdot B'_K - \Sigma CaO}{F_{BA\Pi}}, \text{ кг,}$$

де  $\Sigma SiO_2$ ,  $\Sigma CaO$  - кількість кремнезему та оксиду кальцію, що вносяться усіма шихтовими матеріалами (за винятком вапна) і футерівкою, кг;  $B'_K$  - основність кінцевого шлаку  $\frac{(\%CaO)}{(\%SiO_2)}$ , приймається в межах 2,5–3,5;  $F_{BA\Pi}$  - флюсуюча здатність вапна.

З цього місця розрахунку треба приймати до уваги склади неметалевих матеріалів, які витрачаються при виплавці сталі (табл. 3.2). Можна прийняти любе значення вмісту компонента в шихтовому матеріалі у межах вказаного в цій таблиці діапазону, при цьому сума всіх компонентів шихтового матеріалу повинна бути не більше 100 %.

Флюсуюча здатність вапна дорівнює:

$$F_{BA\Pi} = 0,9 \cdot \left( \frac{CaO_{BA\Pi}}{100} - \frac{SiO_{2BA\Pi}}{100} \cdot B'_K \right), \text{ кг CaO / кг вапна.}$$

Величини  $\Sigma SiO_2$ ,  $\Sigma CaO$  складають (див. табл. 3.2):

$$\Sigma SiO_2 = Si_{MET.Ш} \cdot \frac{60}{28} + 0,01 \cdot (M_{П.Ш.} \cdot SiO_{2П.Ш.} + M_{\Phi} \cdot SiO_{2\Phi} + M_{ЧАВ} \cdot \frac{a}{100} \cdot SiO_{2М.Ш.} + M_{СКР} \cdot \frac{6}{100} \cdot SiO_{2ЗАБР}) , \text{ кг,}$$

$$\Sigma CaO = 0,01 \cdot (M_{П.Ш.} \cdot CaO_{П.Ш.} + M_{\Phi} \cdot CaO_{\Phi} + M_{ЧАВ} \cdot \frac{a}{100} \cdot CaO_{М.Ш.}) , \text{ кг}$$

Визначення вмісту окислів заліза в шлаці.

$$(FeO) = K_1 \cdot \frac{5,15}{\sqrt[4]{C_{ПОВ}}} \cdot \sqrt[3]{B'_K} , \text{ \%},$$

$$(Fe_2O_3) = K_1 \cdot \frac{2,34}{\sqrt[4]{C_{ПОВ}}} \cdot \sqrt[3]{B'_K} , \text{ \%}.$$

При кисневому дутті зверху  $K_1 = 1,0$ .

Визначення орієнтовного виходу придатного металу при кінці продувки  $M'_{cm}$ .

$$M'_{CT} = M_{ЧАВ} + M_{СКР} - (C_{MET.Ш.} - C_{ПОВ} + Si_{MET.Ш.} + 0,8 \cdot Mn_{MET.Ш.} + 0,9 \cdot P_{MET.Ш.} + \Delta Fe_{ВТР}) , \text{ кг}$$

де  $\Delta Fe_{ВТР}$  - втрати заліза з димовими газами, викидами, зі шлаком у вигляді окислів і корольків металу, %; приймаються в межах 2,3 – 4,5 %.

Визначення орієнтовної кількості шлаку.

$$M'_{ШЛ} = \frac{100}{100 - [(FeO) + (Fe_2O_3)]} \cdot \left\{ Si_{МЕТ.Ш.} \cdot \frac{60}{28} + 0,8 \cdot Mn_{МЕТ.Ш.} \cdot \frac{71}{55} + 0,9 \cdot P_{МЕТ.Ш.} \cdot \frac{142}{62} + 0,01 \cdot [M_{ВАП} \cdot (100 - CO_{2ВАП}) + M_{П.Ш.} \cdot (100 - CO_{2П.Ш.}) + M_{\Phi} \cdot (100 - Fe_2O_{3\Phi}) + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot (100 - FeO_{М.Ш.}) + v \cdot M_{СКР}] \right\}, \text{ кг}$$

Уточнення складу металу під час повалки конвертера після продувки (перед розкисненням).

Вміст вуглецю прийнято на початку розрахунку.

Вміст кремнію практично дорівнює нулю:  $Si_{ПОВ} = \text{сліди} \approx 0$ .

Вміст марганцю визначається за рівнянням, одержаним з урахуванням рівноважного розподілення марганцю між металом і шлаком з балансу марганцю до початку продувки і після неї:

$$Mn_{ПОВ} = \frac{Mn_{МЕТ.Ш.} + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot \frac{MnO_{М.Ш.}}{100} \cdot \frac{55}{71}}{0,01 \cdot \left[ M'_{СТ} + M'_{ШЛ} \cdot \frac{(FeO) + (Fe_2O_3)}{K_{Mn}} \right]}$$

де  $K_{Mn}$  - константа рівноваги марганцю:

$$\lg K_{Mn} = -\frac{6234}{t_{СТ} + 273} + 3,026,$$

Значення  $K_{Mn}$  знаходять, наприклад, за допомогою таблиці антилогарифмів.

Вміст фосфору також визначається з балансового рівняння розподілення фосфору між шлаком і металом:

$$P_{ПОВ} = \frac{100 \cdot P_{МЕТ.Ш.}}{M'_{СТ} + \eta_P \cdot M'_{ШЛ} \cdot \frac{62}{142}}$$

Коефіцієнт розподілення фосфору між шлаком і металом  $\eta_P$  обирається з даних табл. 3.3 в залежності від вмісту у шлаку (FeO) і його основності  $B'_K$ .

Таблиця 3.3 - Коефіцієнт розподілення фосфору між шлаком і металом  $\eta_P = \frac{(P_2O_5)}{P_{ПОВ}}$

Основність кінцевого шлаку ( $B'_K$ )	(FeO), %					
	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0 і більше
2,6	46	53	62	71	80	89
2,8	50	57	65	75	83	92
3,0	57	64	73	82	91	100
3,2	64	71	80	89	98	107
3,4	71	78	87	96	105	114
3,6	77	85	94	103	112	120

Вміст сірки знаходять аналогічно з балансового рівняння розподілення сірки між шлаком і металом:

$$S_{ПОВ} = \frac{S_{МЕТ.Ш.} + M_{ВАП} \cdot \frac{S_{ВАП}}{100} + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot \frac{S_{М.Ш.}}{100}}{0,01 \cdot (M'_{СТ} + \eta_S \cdot M'_{ШЛ})}, \%$$

де  $\eta_S = \frac{(S)}{[S]}$  - коефіцієнт розподілення сірки між металом і шлаком, може бути знайдений з наступного ряду:

основність шлаку $B'_K$	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
$\eta_S$	5,4	6,5	7,4	8,0	8,3	8,5	8,7

Таким чином, склад металу перед розкисленням наступний, %:

C пов	Si пов	Mn пов	P пов	S пов
-------	--------	--------	-------	-------

Уточнення кількості і складу кінцевого шлаку.

Визначення кількості шлакоутворюючих окислів (кг, крім окислів заліза) з усіх джерел:

$$M_{SiO_2} = Si_{МЕТ.Ш.} \cdot \frac{60}{28} + 0,01 \cdot (M_{ВАП} \cdot SiO_{2ВАП} + M_{П.Ш.} \cdot SiO_{2П.Ш.} + M_{\Phi} \cdot SiO_{2\Phi} + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot SiO_{2М.Ш.} + \frac{6}{100} \cdot M_{СКР} \cdot SiO_{2ЗАБР})$$

$$M_{Al_2O_3} = 0,01 \cdot (M_{ВАП} \cdot Al_2O_{3ВАП} + M_{П.Ш.} \cdot Al_2O_{3П.Ш.} + M_{\Phi} \cdot Al_2O_{3\Phi} + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot Al_2O_{3М.Ш.} + \frac{6}{100} \cdot M_{СКР} \cdot Al_2O_{3ЗАБР})$$

$$M_{MnO} = (Mn_{MET.Ш.} - Mn_{ПОВ} \cdot \frac{M'_{CT}}{100}) \cdot \frac{71}{55} + 0,01 \cdot \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot MnO_{M.Ш.},$$

$$M_{CaO} = 0,01 \cdot (M_{ВАП} \cdot CaO_{ВАП} + M_{П.Ш.} \cdot CaO_{П.Ш.} + M_{\Phi} \cdot CaO_{\Phi} + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot CaO_{M.Ш.}),$$

$$M_{MgO} = 0,01 \cdot (M_{ВАП} \cdot MgO_{ВАП} + M_{\Phi} \cdot MgO_{\Phi} + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot MgO_{M.Ш.}),$$

$$M_{P_2O_5} = (P_{MET.Ш.} - P_{ПОВ} \cdot \frac{M'_{CT}}{100}) \cdot \frac{142}{62},$$

$$M_S = S_{MET.Ш.} - S_{ПОВ} \cdot \frac{M'_{CT}}{100} + 0,01 \cdot (M_{ВАП} \cdot S_{ВАП} + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot S_{M.Ш.})$$

Кількість і склад кінцевого шлаку наступний:

$$M_{ШЛ} = \frac{M_{SiO_2} + M_{Al_2O_3} + M_{MnO} + M_{CaO} + M_{MgO} + M_{P_2O_5} + M_S}{1 - 0,01 \cdot [(FeO) + (Fe_2O_3)]}, \text{ кг.}$$

Таблиця 3.4 - Хімічний склад кінцевого шлаку, %

(SiO <sub>2</sub> )	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	(MnO)	(CaO)	(MgO)	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	(S)	(FeO)	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
$\frac{M_{SiO_2}}{0,01 \cdot M_{ШЛ}}$	$\frac{M_{Al_2O_3}}{0,01 \cdot M_{ШЛ}}$	$\frac{M_{MnO}}{0,01 \cdot M_{ШЛ}}$	$\frac{M_{CaO}}{0,01 \cdot M_{ШЛ}}$	$\frac{M_{MgO}}{0,01 \cdot M_{ШЛ}}$	$\frac{M_{P_2O_5}}{0,01 \cdot M_{ШЛ}}$	$\frac{M_S}{0,01 \cdot M_{ШЛ}}$	(FeO)	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )

Слід порівняти розраховану основність кінцевого шлаку  $B_K = \frac{(CaO)}{(SiO_2)}$  з прийнятою (дозволяється відхилення на  $\pm 0,25$ ).

Уточнений вихід металу в кінці продувки.

$$M_{CT} = 100 - \{C_{MET.Ш.} + Si_{MET.Ш.} + Mn_{MET.Ш.} + P_{MET.Ш.} + S_{MET.Ш.} - 0,01 \cdot M'_{CT} \cdot (C_{ПОВ} + Mn_{ПОВ} + P_{ПОВ} + S_{ПОВ}) + \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} + \frac{b+c}{100} \cdot M_{СКР} + M_{ШЛ} \cdot 0,01 \cdot [(FeO) \cdot \frac{56}{72} + (Fe_2O_3) \cdot \frac{112}{160}] + \Delta Fe_{ВТР}\} + , \text{ кг}$$

$$+ 0,01 \cdot \frac{56}{72} \cdot (\frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot FeO_{M.Ш.} + \frac{c}{100} \cdot M_{СКР} \cdot FeO_{OK}) +$$

$$+ 0,01 \cdot \frac{112}{160} \cdot (M_{\Phi} \cdot Fe_2O_{3\Phi} + \frac{c}{100} \cdot M_{СКР} \cdot Fe_2O_{3OK})$$

Визначення кількості дуття.

Потрібна для проведення плавки кількість кисню дорівнює:

$$M_{O_2 \text{ ВИТР}} = (C_{\text{МЕТ.Ш.}} - 0,01 \cdot M_{\text{СТ}} \cdot C_{\text{ПОВ}}) \cdot [(1 - \alpha) \cdot \frac{16}{12} + \alpha \cdot \frac{32}{12}] + Si_{\text{МЕТ.Ш.}} \cdot \frac{32}{28} +$$

$$+ (Mn_{\text{МЕТ.Ш.}} - 0,01 \cdot M_{\text{СТ}} \cdot Mn_{\text{ПОВ}}) \cdot \frac{16}{55} + (P_{\text{МЕТ.Ш.}} - 0,01 \cdot M_{\text{СТ}} \cdot P_{\text{ПОВ}}) \cdot \frac{80}{62} + \text{, кг}$$

$$+ 0,01 \cdot M_{\text{ШЛ}} \cdot [(Fe_2O_3) \cdot \frac{48}{160} + (FeO) \cdot \frac{16}{72}] + \varphi \cdot \frac{48}{112}$$

де  $\varphi$  - втрати заліза випарюванням (у вигляді парів  $Fe_2O_3$ ), кг, складають 0,3 – 1,6 % від маси металошихти.

Кількість кисню, внесеного шихтовими матеріалами, визначається

$$M_{O_2 \text{ ПРИХ}} = 0,01 \cdot M_{\Phi} \cdot Fe_2O_{3\Phi} \cdot \frac{48}{160} + 0,01 \cdot M_{\text{ЧАВ}} \cdot \frac{a}{100} \cdot FeO_{\text{М.Ш.}} \cdot \frac{16}{72} +$$

$$+ 0,01 \cdot M_{\text{СКР}} \cdot \frac{c}{100} \cdot (Fe_2O_{3\text{ОК}} \cdot \frac{48}{160} + FeO_{\text{ОК}} \cdot \frac{16}{72}) + 0,01 \cdot M_{\text{ВАП}} \cdot CO_{2\text{ВАП}} \cdot (1 - \alpha) \cdot \frac{16}{44} \text{, кг.}$$

Необхідно ввести в конвертер дуттєвого кисню масою:

$$M_{\text{ДУТТЯ}} = (M_{O_2 \text{ ВИТР}} - M_{O_2 \text{ ПРИХ}}) \cdot \frac{100 \cdot 100}{k \cdot n} \text{, кг,}$$

де  $k$  – ступінь засвоєння ванною дуттєвого кисню, %, складає 93 – 98 %;  $n$  – чистота дуттєвого кисню, %, на практиці  $n = 97 - 99,7$  %;

та об'ємом:

$$V_{\text{ДУТТЯ}} = M_{\text{ДУТТЯ}} \cdot \frac{22,4}{32} \text{, м}^3.$$

Розрахунок кількості і складу виходячих з конвертера газів.

Утворюється  $CO_2$ :

$$M_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot (C_{\text{МЕТ.Ш.}} - 0,01 \cdot M_{\text{СТ}} \cdot C_{\text{ПОВ}}) \cdot \alpha + 0,01 \cdot M_{\text{ВАП}} \cdot CO_{2\text{ВАП}} \cdot \alpha \text{, кг,}$$

$$V_{CO_2} = M_{CO_2} \cdot \frac{22,4}{44} \text{, м}^3.$$

Утворюється  $CO$ :

$$M_{CO} = \frac{28}{12} \cdot (C_{\text{МЕТ.Ш.}} - 0,01 \cdot M_{\text{СТ}} \cdot C_{\text{ПОВ}}) \cdot (1 - \alpha) + 0,01 \cdot M_{\text{ВАП}} \cdot CO_{2\text{ВАП}} \cdot (1 - \alpha) \text{, кг.}$$

$$V_{CO} = M_{CO} \cdot \frac{22,4}{28} \text{, м}^3.$$

Виділяється  $N_2$  (з дуття):

$$M_{N_2} = M_{ДУТТЯ} \cdot \frac{100 - n}{100}, \text{ кг,}$$

$$V_{N_2} = M_{N_2} \cdot \frac{22,4}{28}, \text{ м}^3.$$

Уходить  $O_2$  з відхідними газами:

$$M_{O_2} = (M_{O_2 \text{ ВИТР}} - M_{O_2 \text{ ПРИХ}}) \cdot \frac{100 - \kappa}{100}, \text{ кг,}$$

$$V_{O_2} = M_{O_2} \cdot \frac{22,4}{32}, \text{ м}^3.$$

В результаті отримуємо данні для табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Кількість і склад конвертерних газів

Складові газу	кг	м <sup>3</sup>	% за об'ємом
CO	$M_{CO}$	$V_{CO}$	$100 \cdot V_{CO} / V_{ГАЗ}$
CO <sub>2</sub>	$M_{CO_2}$	$V_{CO_2}$	$100 \cdot V_{CO_2} / V_{ГАЗ}$
N <sub>2</sub>	$M_{N_2}$	$V_{N_2}$	$100 \cdot V_{N_2} / V_{ГАЗ}$
O <sub>2</sub>	$M_{O_2}$	$V_{O_2}$	$100 \cdot V_{O_2} / V_{ГАЗ}$
Сума	$M_{ГАЗ}$	$V_{ГАЗ}$	100

Матеріальний баланс плавки (до розкислення).

Наводиться у вигляді табл. 3.6.

Для прикладу в табл. 3.6 наведений примірний матеріальний баланс звичайної киснево-конвертерної плавки.

Таблиця 3.6 - Матеріальний баланс плавки (до розкислення)

ПОСТУПИЛО				ОТРИМАНО			
№	Матеріал	Позначення	кг	№	Матеріал	Позначення	кг
1.	Чавун рідкий	$M_{ЧАВ}$	75,64	1.	Рідкий метал	$M_{СТ}$	90,639
2.	Скрап	$M_{СКР}$	23,96	2.	Шлак	$M_{ШЛ}$	11,74
3.	Міксерний шлак	$\frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ}$	0,46	3.	Гази	$M_{ГАЗ}$	7,962
4.	Забруднення скрапу	$\frac{b}{100} \cdot M_{СКР}$	0,155	4.	Втрати Fe під час продувки	$\Delta Fe_{ВТР}$	3,553
5.	Окалина скрапу	$\frac{c}{100} \cdot M_{СКР}$	0,285				
6.	Плавиковий шпат	$M_{П.Ш.}$	0,45				
7.	Вапно	$M_{ВАП}$	6,3				
8.	Футерівка	$M_{Ф}$	0,2				
9.	Дуття	$M_{ДУТТЯ}$	6,46				
Всього			113,91	Всього			113,894

$$\text{Нев'язка} = \frac{113,91 - 113,894}{113,894} \cdot 100 = 0,01\% \text{ (припустимо до } 0,20\% \text{).}$$

### Розрахунок розкислення сталі

Розкислення сталі виконується за найбільш поширеним варіантом – з присадкою усіх феросплавів в ківш під час випуску сталі з конвертера.

Для розкислення сталі використовуються феросплави, хімічний склад яких наведений в табл. 3.7

Таблиця 3.7 - Хімічний склад феросплавів

Розкислювачі	Mn	Si	C	P	S
Феромарганець	$\frac{Mn_{\Phi M}}{75 - 85}$	$\frac{Si_{\Phi M}}{1 - 2}$	$\frac{C_{\Phi M}}{6 - 7}$	$\frac{P_{\Phi M}}{0,10 - 0,45}$	$\frac{S_{\Phi M}}{0,02 - 0,03}$
Феросиліцій	$\frac{Mn_{\Phi C}}{0,3 - 0,6}$	$\frac{Si_{\Phi C}}{63 - 68}$	$\frac{C_{\Phi C}}{0 - 0,1}$	$\frac{P_{\Phi C}}{0,03 - 0,05}$	$\frac{S_{\Phi C}}{0,02 - 0,03}$
Силікомарганець	$\frac{Mn_{CM}}{60 - 65}$	$\frac{Si_{CM}}{17 - 20}$	$\frac{C_{CM}}{1,0 - 1,7}$	$\frac{P_{CM}}{0,25 - 0,35}$	$\frac{S_{CM}}{0,02 - 0,03}$

Для розрахунку розкислення необхідно вибрати склад матеріалу в межах, наведених в табл. 3.7.

Розрахунок потрібної кількості розкислювачів (феромарганцю, феросиліцію, силікомарганцю) виконується на середньозаданий вміст Mn і Si в готовій сталі з урахуванням їх угару. В залежності від типу сталі, що виплавляється, (кипляча, спокійна) і вмісту вуглецю в металі перед розкисленням  $S_{\text{пов}}$  угар елементів розкислювачів можна приймати в межах, наведених в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 - Величина угару елементів розкислювачів, %

Тип сталі	Вміст вуглецю в металі $S_{\text{пов}}$ , %	Угар елементів, %		
		C	Mn	Si
Кипляча	$\leq 0,10$	$\frac{L_C}{10 - 25}$	$\frac{L_{Mn}}{25 - 30}$	$\frac{L_{Si}}{60 - 70}$
	$0,11 - 0,16$	$\frac{L_C}{17 - 22}$	$\frac{L_{Mn}}{20 - 25}$	$\frac{L_{Si}}{55 - 60}$
	$\geq 0,17$	$\frac{L_C}{14 - 18}$	$\frac{L_{Mn}}{15 - 20}$	$\frac{L_{Si}}{50 - 55}$
Спокійна	$\leq 0,10$	$\frac{L_C}{17 - 22}$	$\frac{L_{Mn}}{20 - 25}$	$\frac{L_{Si}}{25 - 30}$
	$0,11 - 0,16$	$\frac{L_C}{15 - 20}$	$\frac{L_{Mn}}{15 - 20}$	$\frac{L_{Si}}{20 - 25}$

	$\geq 0,17$	$\frac{L_C}{12-16}$	$\frac{L_{Mn}}{12-16}$	$\frac{L_{Si}}{15-20}$
--	-------------	---------------------	------------------------	------------------------

Розрахунок необхідної кількості розкислювачів.

Для одержання заданого вмісту марганцю в сталі необхідно ввести в неї феромарганець в кількості:

$$M_{\Phi M} = 0,01 \cdot M_{CT} \cdot \left( \frac{Mn_{CT}^B + Mn_{CT}^H}{2} - Mn_{ПОВ} \right) \cdot \frac{100}{Mn_{\Phi M}} \cdot \frac{100}{100 - L_{Mn}}, \text{ кг,}$$

Для доведення вмісту кремнію в сталі до заданого необхідно ввести в неї феросиліцій в кількості:

$$M_{\Phi C} = 0,01 \cdot M_{CT} \cdot \left( \frac{Si_{CT}^B + Si_{CT}^H}{2} \right) \cdot \frac{100}{Si_{\Phi C}} \cdot \frac{100}{100 - L_{Si}}, \text{ кг.}$$

Вихід рідкої сталі після розкислення.

$$M_{CT.P} = M_{CT} + 0,01 \cdot M_{\Phi M} \cdot \left( Mn_{\Phi M} \cdot \frac{100 - L_{Mn}}{100} + Si_{\Phi M} \cdot \frac{100 - L_{Si}}{100} + C_{\Phi M} \cdot \frac{100 - L_C}{100} + P_{\Phi M} + S_{\Phi M} \right) + 0,01 \cdot M_{\Phi C} \cdot \left( Mn_{\Phi C} \cdot \frac{100 - L_{Mn}}{100} + Si_{\Phi C} \cdot \frac{100 - L_{Si}}{100} + C_{\Phi C} \cdot \frac{100 - L_C}{100} + P_{\Phi C} + S_{\Phi C} \right), \text{ кг.}$$

Перевірка хімічного складу розкисленої (готової) сталі.

Перевіряємо вміст в сталі вуглецю:

$$C_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot C_{ПОВ} + (1 - 0,01 \cdot L_C) \cdot (M_{\Phi M} \cdot C_{\Phi M} + M_{\Phi C} \cdot C_{\Phi C})}{M_{CT.P}}, \text{ \%},$$

марганцю:

$$Mn_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot Mn_{ПОВ} + (1 - 0,01 \cdot L_{Mn}) \cdot (M_{\Phi M} \cdot Mn_{\Phi M} + M_{\Phi C} \cdot Mn_{\Phi C})}{M_{CT.P}}, \text{ \%},$$

кремнію:

$$Si_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot Si_{ПОВ} + (1 - 0,01 \cdot L_{Si}) \cdot (M_{\Phi M} \cdot Si_{\Phi M} + M_{\Phi C} \cdot Si_{\Phi C})}{M_{CT.P}}, \text{ \%},$$

фосфору:

$$P_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot P_{ПОВ} + M_{ФМ} \cdot P_{ФМ} + M_{ФС} \cdot P_{ФС}}{M_{CT.P}}, \%,$$

сірки:

$$S_{CT.P} = \frac{M_{CT} \cdot S_{ПОВ} + M_{ФМ} \cdot S_{ФМ} + M_{ФС} \cdot S_{ФС}}{M_{CT.P}}, \%,$$

і порівнюємо одержані величини з заданими (табл. 3.1). Якщо  $C_{CT}^H < C_{CT.P} < C_{CT}^B$ ,  $Mn_{CT}^H < Mn_{CT.P} < Mn_{CT}^B$ ,  $Si_{CT}^H < Si_{CT.P} < Si_{CT}^B$ ,  $P_{CT.P} < P_{CT}^B$ ,  $S_{CT.P} < S_{CT}^B$ , то розрахунки в розділах виконані вірно.

### Розрахунок теплового балансу плавки

Наведені нижче рівняння вміщують теплоємкості, тепловмісти речовин, що беруть участь в плавці, і теплові ефекти хімічних реакцій.

Прихід тепла.

Чавун вносить:

$$Q_{ЧАВ} = M_{ЧАВ} \cdot (61,9 + 0,88 \cdot t_{ЧАВ}), \text{ кДж.}$$

Міксерний шлак вносить:

$$Q_{М.Ш.} = (1,53 \cdot t_{ЧАВ} - 710) \cdot a \cdot \frac{M_{ЧАВ}}{100}, \text{ кДж.}$$

Окислення домішок металошихти вносить:

$$Q_{ДОМ} = [11680 \cdot (1 - \alpha) + 35300 \cdot \alpha] \cdot (C_{МЕТ.Ш.} - 0,01 \cdot M_{CT} \cdot C_{ПОВ}) + 26930 \cdot Si_{МЕТ.Ш.} + 7035 \cdot (Mn_{МЕТ.Ш.} - 0,01 \cdot M_{CT} \cdot Mn_{ПОВ}) + 19755 \cdot (P_{МЕТ.Ш.} - 0,01 \cdot M_{CT} \cdot P_{ПОВ}), \text{ кДж}$$

Окислення заліза, що переходить в шлак і пил, вносить:

$$Q_{Fe} = 0,01 \cdot M_{ШЛ} \cdot [3600 \cdot (FeO) + 5110 \cdot (Fe_2O_3) + 5110 \cdot \varphi], \text{ кДж.}$$

Тепло шлакоутворення вносить:

$$Q_{ШЛ.УТВ.} = 0,01 \cdot M_{ШЛ} \cdot [2300 \cdot (SiO_2) + 4,866 \cdot (P_2O_5)], \text{ кДж.}$$

Таким чином, прихід тепла дорівнює:

$$Q_{ПРИХІД} = Q_{ЧАВ} + Q_{М.Ш.} + Q_{ДОМ} + Q_{Fe} + Q_{ШЛ.УТВ.}, \text{ кДж.}$$

Витрата тепла.  
Рідка сталь уносить:

$$Q_{CT} = M_{CT} \cdot (54,8 + 0,84 \cdot t_{CT}) , \text{кДж.}$$

Шлак уносить:

$$Q_{ШЛ} = M_{ШЛ} \cdot (2,09 \cdot t_{CT} - 1380) , \text{кДж.}$$

Конвертерні гази уносять (для спрощення розрахунку прийняті постійні теплоємкості газів, що відповідають температурам 1450 – 1500 °С):

$$Q_{ГАЗ} = \frac{t_{ЧАВ} + t_{CT}}{2} \cdot (1,466 \cdot V_{CO} + 2,353 \cdot V_{CO_2} + 1,44 \cdot V_{N_2} + 1,528 \cdot V_{O_2}) , \text{кДж.}$$

Дисоціація окислів заліза шихти:

$$Q_{ДИС}^{Fe} = 3600 \cdot 0,01 \cdot \left( \frac{a}{100} \cdot M_{ЧАВ} \cdot FeO_{М.Ш.} + \frac{c}{100} \cdot M_{СКР} \cdot FeO_{OK} \right) + \\ + 5110 \cdot 0,01 \cdot \left( M_{\Phi} \cdot Fe_2O_{3\Phi} + \frac{c}{100} \cdot M_{СКР} \cdot Fe_2O_{3OK} \right) , \text{кДж.}$$

Дисоціація CaCO<sub>3</sub>:

$$Q_{ДИС}^{CaCO_3} = 4040 \cdot 0,01 \cdot M_{ВАП} \cdot CO_{2ВАП} , \text{кДж,}$$

де 4040 – теплота дисоціації CaCO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, кДж/кг.

Уноситься з пилом:

$$Q_{ПИЛ} = \varphi \cdot (23,05 + 0,69 \cdot \frac{t_{ЧАВ} + t_{CT}}{2}) , \text{кДж.}$$

Уноситься з викидами металу, корольками металу в шлаці і виплесками:

$$Q_{ВКВ} = (\Delta Fe_{ВТР} - \varphi) \cdot (54,9 + 0,838 \cdot t_{CT}) , \text{кДж.}$$

Теплові втрати у конвертерах зручно класифікувати, прив'язуючи їх тільки до періоду продувки (часом виділення тепла):

1) втрати випромінюванням через корпус конвертера (0,2 – 0,7 % від приходу тепла);

- 2) втрати, пов'язані з акумуляцією тепла футерівкою (2,2 – 2,8 %);  
 3) втрати з охолоджуючою фурму водою (0,35 – 0,70 %).

Сумарні теплові втрати у великовантажних конвертерах (150 – 400 т) треба приймати в межах 2,6 – 3,1 % від загального приходу тепла на плавку:

$$Q_{ВТР} = 0,01 \cdot Q_{ПРИХІД} \cdot 2,6, \text{ кДж.}$$

Таким чином, витрата тепла складає:

$$Q_{ВИТРАТА} = Q_{СТ} + Q_{ШЛ} + Q_{ГАЗ} + Q_{ДИС}^{Fe} + Q_{ДИС}^{CaCO_3} + Q_{ПИЛ} + Q_{ВКВ} + Q_{ВТР}, \text{ кДж.}$$

### Розрахунок коригуючих добавок

Коригуючі операції проводяться, якщо різниця між приходом і витратою тепла перевищує 0,5 – 0,8 %, що відповідає відхиленню фізичної температури сталі від середньозаданої на  $\pm 10 - 15$  °С.

В студентських роботах розрахунок коригуючих добавок необхідно виконувати в усіх випадках (незалежно від величини різниці між приходом і витратою тепла).

Надлишок (дефіцит) тепла  $\Delta Q$  складає:

$$\Delta Q = Q_{ПРИХІД} - Q_{ВИТРАТА}, \text{ кДж}$$

або

$$\Delta Q' = \frac{\Delta Q}{Q_{ПРИХІД}} \cdot 100, \text{ \% від приходу тепла.}$$

Коригуюча кількість сталюого скрапу  $\Delta M_{СКР}$  складає:

$$\Delta M_{СКР} = \frac{\Delta Q}{0,84 \cdot t_{СТ} + 54,9}, \text{ кг,}$$

де  $(0,84 \cdot t_{СТ} + 54,9)$  - охолоджуючий ефект сталюого скрапу, кДж/кг.

В кінці роботи повинний бути наведений висновок щодо температури отриманої сталі (більше або нижче заданої), а також рішення автора роботи відносно використання розрахованої коригуючої кількості сталюого скрапу.

Для спрощення розрахунку зміною статей матеріального балансу плавки і хімічного складу сталі при зміні витрати скрапу, пов'язаній з коригуючими операціями, можна зневажити.

## 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 Металургія сталі. Конвертерне виробництво / О. Г. Величко та ін. Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-ВАЛ», 2015. 434 с.
- 4 Бойченко Б. М., Охотський В. Б., Харлашин П. С. Конвертерне виробництво сталі. Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004. 454 с.
- 5 Сталеплавильне виробництво / В. І. Баптизманський та ін. Київ : Вища школа, 1996. 400 с.
- 6 Положення про організацію освітнього процесу у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». URL: <https://metinvest.university/page/1171> (дата звернення: 31.05.2024).
- 7 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).
- 8 Правила цитування та посилання на використані літературні джерела : Studopedia.org. URL: <https://studopedia.org/2-31712.html> (дата звернення: 11.01.2024).
- 9 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 дані для курсової роботи

№ вар.	Хімічний склад чавуну, %					Хімічний склад готової сталі, %					Температура, град	
	C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S	Чавуну	Сталі
1	4,12	0,94	0,51	0,139	0,051	0,20÷0,28	0,14÷0,24	0,46÷0,66	0,04	0,04	1350	1625
2	4,32	0,42	0,14	0,068	0,062	0,10÷0,18	0,18÷0,28	0,40÷0,60	0,05	0,04	1335	1630
3	4,65	0,92	0,30	0,061	0,045	0,25÷0,33	0,20÷0,30	0,60÷0,80	0,04	0,05	1380	1620
4	4,45	0,24	0,61	0,089	0,053	0,30÷0,38	0,18÷0,28	0,48÷0,68	0,05	0,05	1360	1620
5	4,60	0,93	0,57	0,100	0,045	0,14÷0,22	0,16÷0,26	0,36÷0,56	0,045	0,04	1340	1590
6	4,25	0,77	0,11	0,055	0,058	0,08÷0,16	≤0,01	0,30÷0,50	0,05	0,04	1390	1620
7	4,40	0,51	0,44	0,119	0,040	0,20÷0,28	0,14÷0,24	0,46÷0,66	0,05	0,04	1320	1620
8	4,70	0,68	0,15	0,087	0,054	0,10÷0,18	0,18÷0,28	0,40÷0,60	0,04	0,04	1370	1600
9	4,35	0,66	0,53	0,066	0,057	0,25÷0,33	0,20÷0,30	0,60÷0,80	0,05	0,05	1380	1620
10	4,29	0,23	0,34	0,099	0,056	0,38÷0,46	0,20÷0,30	0,58÷0,78	0,04	0,04	1380	1590
11	4,70	0,52	0,26	0,132	0,045	0,08÷0,16	≤0,01	0,33÷0,53	0,045	0,04	1300	1590
12	4,25	0,88	0,40	0,141	0,053	0,15÷0,23	0,19÷0,29	0,44÷0,64	0,05	0,04	1370	1610
13	4,40	0,65	0,20	0,045	0,041	0,13÷0,21	0,18÷0,28	0,40÷0,60	0,05	0,04	1350	1625
14	4,70	0,74	0,30	0,149	0,055	0,14÷0,22	0,16÷0,26	0,36÷0,56	0,04	0,04	1300	1600
15	4,35	0,94	0,63	0,057	0,058	0,38÷0,46	0,20÷0,30	0,58÷0,78	0,05	0,05	1380	1620
16	4,29	0,26	0,48	0,078	0,059	0,09÷0,17	≤0,01	0,33÷0,53	0,04	0,04	1350	1600
17	4,70	0,79	0,28	0,037	0,057	0,08÷0,16	≤0,01	0,30÷0,50	0,04	0,04	1340	1590
18	4,32	0,38	0,29	0,125	0,061	0,30÷0,36	0,16÷0,26	0,45÷0,65	0,05	0,04	1340	1630
19	4,65	0,47	0,10	0,106	0,065	0,08÷0,16	≤0,01	0,35÷0,55	0,04	0,05	1340	1610
20	4,45	0,34	0,24	0,045	0,059	0,16÷0,24	0,18÷0,28	0,55÷0,75	0,05	0,05	1280	1600
21	4,60	0,68	0,48	0,068	0,052	0,10÷0,18	0,15÷0,25	0,40÷0,60	0,04	0,035	1360	1610
22	4,50	0,73	0,46	0,114	0,056	0,22÷0,30	0,44÷0,54	0,60÷0,80	0,04	0,04	1350	1600
23	4,32	0,45	0,50	0,073	0,064	0,40÷0,48	0,18÷0,28	0,65÷0,85	0,05	0,04	1340	1625
24	4,45	0,84	0,22	0,086	0,048	0,12÷0,19	0,17÷0,27	0,37÷0,67	0,05	0,04	1370	1630
25	4,70	0,48	0,19	0,083	0,054	0,21÷0,29	0,17÷0,27	0,40÷0,60	0,04	0,035	1360	1600

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

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА  
ЗАПИСКА  
до курсової роботи  
з курсу «Металургія сталі»  
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*

**Костянтин Георгійович Нізяєв  
Євген Володимирович Синегін  
Олександр Миколайович Стоянов  
Сергій Володимирович Семірягін**

**МЕТАЛУРГІЯ СТАЛІ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Самостійне електронне мережеве видання  
Публікується в авторській редакції