

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

**ПІДГОТОВКА МЕТАЛУРГІЙНОЇ СИРОВИНИ:
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Запоріжжя 2024



УДК 669.1
ПЗ2

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

Укладачі:

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

ПЗ2 Підготовка металургійної сировини : методичні вказівки до виконання курсової роботи (для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти) / уклад.: М. В. Ягольник, М. М. Бойко. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 49 с.

Методичні вказівки містять роз'яснення, рекомендації, приклад розрахунків та довідковий матеріал до виконання курсової роботи. Приведені розрахунки витрат залізорудних матеріалів, флюсів та вуглецю для спікання агломераційної шихти різного складу.

УДК 669.1



ЗМІСТ

1	МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ	4
2	ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ, ПЕРЕВІРКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	7
2.1	Порядок виконання та подання роботи на перевірку та захист	7
2.2	Застереження щодо академічної доброчесності.....	8
2.3	Критерії оцінювання курсових робіт	13
3	СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ	16
3.1	Вимоги до структури курсової роботи.....	16
3.2	Розрахунки агломераційних шихт	16
4	ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ.....	27
4.1	Розрахунок складу залізорудної суміші в аглошихті	29
4.2	Розрахунок вмісту флюсової суміші в аглошихті	29
4.3	Рівняння балансу основності агломерату	29
4.4	Рівняння матеріального балансу	31
4.5	Рівняння теплового балансу	32
4.6	Визначення складу агломерату	39
4.7	Перевірка розрахункового теплового балансу.....	41
5	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	42
	Додаток А	43
	Додаток Б	44
	Додаток В	45
	Додаток Г	49

1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ

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

Правильний розрахунок складу шихти має велике значення. Раціональне співвідношення між її компонентами повинно забезпечити не тільки виробництво агломерату заданого складу, а й компенсувати додаткові витрати теплоти на реалізацію усіх фізико-хімічних процесів в середині шару що спікається.

Мета курсової роботи – закріплення та поглиблення знань та навичок, отриманих під час вивчення дисципліни «Підготовка металургійної сировини».

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

- систематизація, закріплення та розширення науково-теоретичних та практичних знань по вивченому курсу, розвиток творчих здібностей студента по застосуванню цих знань для рішення спеціальних питань;

- самостійне творче розв'язання інженерних задач технологічного процесу та набуття навичок роботи з довідковою й технічною літературою;

- розвиток навичок самостійної роботи при проектуванні технологічної схеми, а також при виборі агрегатів та машин;

- формування навичок застосування методів розрахунку матеріального і теплового балансів агломераційного процесу;

- здійснення студентами технологічних розрахунків та самостійному вирішенні окремих питань теорії агломераційного процесу.

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.

RH15. Готовність до подальшого навчання з високим рівнем автономності.

RH17. Вміння брати на себе відповідальність за прийняття рішень у непередбачуваних умовах

RH26. 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 Студентом "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: основність агломерату; вміст FeO в агломераті; співвідношення компонентів рудної частини шихти; співвідношення компонентів флюсу. Хімічний склад компонентів агломераційної шихти наведено в Додатку В у відповідних таблицях.

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

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 «Підготовка металургійної сировини».

Завершена курсова робота (розрахунково-пояснювальна записка):

- завантажується в систему управління навчанням Moodle
- перевіряється на плагіат з використанням функціоналу Moodle;
- 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 «Підготовка металургійної сировини» 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 круглій 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/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
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 Г).

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 агломераційної шихти», що виконується за прикладом (пункт 3.2 цих методичних вказівок) відповідно до варіанту індивідуального завдання здобувача вищої освіти.

3.2 Розрахунки агломераційних шихт

Розрахунок агломераційної шихти полягає у визначенні раціонального співвідношення між її компонентами, що забезпечує виробництво агломерату з заданим вмістом заліза та основності.

В простішому випадку при заданій витраті руди і коксового дріб'язку необхідно обчислити тільки витрату вапняку. В заводських умовах завжди є можливість досвідним шляхом визначити оптимальний вміст коксового дріб'язку в шихті, що спікається. Отримана досвідом витрата палива вводиться потім в розрахунок у якості заданої величини. Розрахунок

зводиться при цьому до рішення одного з рівнянь з одним невідомим (рівняння балансу основності шихти).

Знаючи вміст SiO_2 в руді до і після перешихтовки, легко розрахувати витрату вапняку в шихту. На практиці це стається при незапланованій зміні складу руд та концентратів, які спікаються.

Рівняння балансу основності агломераційної шихти в загальному виді

$$b = \frac{(CaO_x + MgO_x) \cdot x + (CaO_y + MgO_y) \cdot y + (CaO_z + MgO_z) \cdot z + (CaO_m + MgO_m) \cdot m}{[(SiO_2)_x + (Al_2O_3)_x] \cdot x + [(SiO_2)_y + (Al_2O_3)_y] \cdot y + [(SiO_2)_z + (Al_2O_3)_z] \cdot z + [(SiO_2)_m + (Al_2O_3)_m] \cdot m}, \quad (3.1)$$

де b - задана основність агломераційної шихти;

x, y, z, m - витрата руди, вапняку, коксового дріб'язку та домішок (кг/100 кг агломерату);

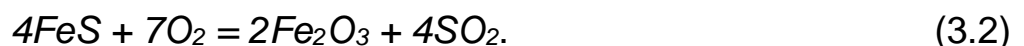
CaO, MgO, SiO_2, Al_2O_3 - вміст відповідно в руді, вапняку, коксовому дріб'язку, домішках, %.

Вирішуючи це рівняння відносно y при заданих витратах коксового дріб'язку, руди та домішок, знаходимо витрату вапняку.

Розрахунок аглошихти при визначенні витрати рудної суміші та вапняку

При сумісному визначенні витрати рудної суміші (x кг/100 кг агломерату) та вапняку (y кг/100 кг агломерату) розрахунок більш складний та зводиться до рішення системи з двох рівнянь з двома невідомими (рівняння балансу основності аглошихти та рівняння матеріального балансу спікання).

Рівняння матеріального балансу спікання зазвичай зіставляється по методу Ф.М. Базанова та І.Л. Малкіна. Сума витрат маси кожного компоненту шихти (d) визначається: вигоранням вуглецю ($C_{нелет.}$); видаленням летких речовин коксового дріб'язку ($V_{лет.}$), гідратної вологи ($H_2O_{гидр.}$), вуглекислоти карбонатів (CO_2), 95% органічної та сульфідної сірки, 60% сульфатної сірки. При цьому необхідно враховувати збільшення маси компонента при окисненні заліза сульфідів за реакцією:



Сума витрат кожного компоненту, таким чином, може бути виражена наступним рівнянням:

$$d = C_{нелет.} + V_{лет.} + H_2O_{гидр.} + CO_2 + 0,95(S_{орг.} + S_{FeS}) + 0,6 SO_3 - O_{окисл. Fe}, \quad (\text{кг/100 кг шихти}). \quad (3.3)$$

При вмісту в руді інших домішок: хлору, фтору, миш'яку, цинку та інших вони також включаються в рівняння з відповідними коефіцієнтами



видалення при агломерації.

В підраховані, таким чином, величини витрати маси компонентів шихти не входять зміни їх маси в ході окислювально-відновлювальних реакцій. Так як вміст FeO в шихті і в готовому агломераті відрізняється, можуть мати випадки дисоціації та відновлення Fe_2O_3 чи окислення Fe_3O_4



(шихта містить менше FeO в порівнянні з агломератом);



(шихта містить більше FeO у порівнянні з агломератом).

В обох випадках на 1 кг FeO приходиться $32/288 = 1/9 O_2$.

Таким чином, знаючи вміст FeO в агломераті ($FeO_{агл.}$) та FeO в компонентах шихти ($FeO_x, FeO_y, FeO_z, FeO_m$) можливо з урахуванням їх витрати (x, y, z, m) визначити масу кисню, що втрачено або отримано в ході окислювально-відновлювальних процесів:

$$O = 1/9 [FeO_{агл.} - x (FeO)_x/100 - y (FeO)_y/100 - z(FeO)_z/100 - m(FeO)_m/100], (\text{кг}/100 \text{ кг агломерату}). \quad (3.6)$$

Якщо (O) виходить при розрахунку додатним (позитивним), то має місце окиснення, а якщо (O) має від'ємний (негативний) знак – відновлення і термічна дисоціація.

Зі 100 кг компонента шихти переходить в агломерат $(100 - d)$ кг, а з 1 кг компонента шихти відповідно $[(100 - d)/100]$ кг. Маса руди, що переходить при спіканні в агломерат (в розрахунку на 100 кг агломерату) $\frac{x \cdot (100 - d_x)}{100}$

(кг/100 кг агломерату).

Аналогічні вирази можна записати і для інших компонентів шихти.

Зводні рівняння матеріального балансу, по Ф.М. Базанову та І.Л. Малкіну, таким чином, можуть бути записані:

$$\frac{x \cdot (100 - d_x)}{100} + \frac{y \cdot (100 - d_y)}{100} + \frac{z \cdot (100 - d_z)}{100} + \frac{m \cdot (100 - d_m)}{100} - \frac{1}{9} (FeO_{агл.} - \frac{x \cdot FeO_x + y \cdot FeO_y + z \cdot FeO_z + m \cdot FeO_m}{100}) = 100 \quad (3.7)$$

Після приведення до простого вигляду вирішуємо спільно рівняння основності та матеріального балансу і знаходимо витрати рудної суміші та вапняку.

Тепловий баланс агломерації

При проектуванні агломераційних фабрик в ряді випадків необхідно визначити розрахунком і витрату коксового дріб'язку в шихту, так як далеко не завжди проектувальник має достатню кількість експериментальних даних. Крім того на діючій агломераційній фабриці може виникнути потреба в оцінці впливу тих чи інших технологічних факторів на витрату палива.

Це особливо важливо у тих випадках, коли експериментальне визначення витрати палива при використанні нової технології пов'язане з великими витратами часу і коштів. Таким чином, повний розрахунок аглошихти включає в себе ще й третє рівняння - рівняння теплового балансу спікання.

Третє рівняння по тепловому балансу агломерації зіставляється по методу Е.Ф. Вегмана:

$$\begin{aligned} & (q_c + q_{пов.} + q_{ш} + q_s + q_{зап.} + q_{дод. обігр.} + q_{т-ки} + q_{окисн.}) / (1 - a) = \\ & = (q_{гігр.} + q_{гідр.} + q_{карб.} + q_{дисоц.} + q_{газ. відх.} + q_{пир.}) / (1 - c) \end{aligned} \quad (3.8)$$

Де q_c - теплота горіння твердого палива в CO_2 та CO ;

$q_{пов.}$ - теплота повітря, що подається до агломераційної стрічки при цеховій температурі чи після нагріву;

$q_{ш}$ - теплота шихти при цеховій температурі чи підігрітою;

q_s - теплота горіння органічної сірки чи сульфідів при агломерації;

$q_{зап.}$ - теплота запалювання шихти полум'ям газового горну;

$q_{дод. обігр.}$ - теплота продуктів горіння газу під горілками додаткового обігріву шару, що спікається;

$q_{т-ки}$ - теплота продуктів горіння газу під горілками термообробки спеку;

$q_{окисн.}$ - теплота окиснення FeO аглошихти до Fe_3O_4 та Fe_2O_3 ;

a - коефіцієнт, що враховує теплоту утворення силікатів заліза, феритів;

$q_{гігр.}$ - теплота випаровування гігроскопічної вологи шихти;

$q_{гідр.}$ - теплота розкладання гідратів та випаровування гідратної води;

$q_{карб.}$ - теплота дисоціації карбонатів;

$q_{дисоц.}$ - теплота дисоціації оксидів заліза та складних мінералів вихідної шихти при спіканні;


$q_{газ. відх.}$ - теплота газів, що відходять;

$q_{пир.}$ - теплота готового пирога агломерату;

c - коефіцієнт, що враховує теплові витрати агломераційної стрічки.

Перш ніж приступити до розрахунку кожної зі статей теплового балансу, зупинимось на двох питаннях, що мають принципове значення.

Рівняння теплового балансу спікання, зіставлене для пирога агломерату в цілому, не включає в себе регенероване тепло. Це тепло,



хоча воно й використовується потім в зоні горіння, неможливо враховувати, так як баланс зіставлено за принципом порівняння теплових характеристик початкового та кінцевого стану системи. Регенероване тепло враховується при зіставленні зональних балансів.

Агломераційна шихта зазвичай містить 30-50% звороту, що представляє собою циркуляційне навантаження. Тому в матеріальному балансі він не враховується.

Однак зворот виходить з аглострічки при температурі 600-800 °С, а потрапляє до шихти холодним. Таким чином, з теплової точки зору він не є циркуляційним навантаженням, - він відносить тепла більше, чим віддає. В шихті, що спікається зворот нагрівається до середньої температури пирога агломерату. При цьому його теплотребність набагато нижче, чим свіжої шихти, так як відпадають витрати на дисоціацію оксидів, карбонатів, гідратів. Нагрів звороту можливо врахувати в розхідній частині балансу в рубриці – теплота готового пирога агломерату ($q_{пир.}$). Для цього необхідно збільшити масу пирога, з урахуванням кількості звороту. При 40 кг звороту маса аглоспеку становитиме 140 кг.

Розрахунок q_c

Теплота горіння вуглецю шихти обчислюється з урахуванням співвідношення CO_2/CO в газах, що відходять. При нормальній витраті палива можливо прийняти це співвідношення рівним 4. При високих витратах палива співвідношення CO_2/CO знижується до 2,5-3.

Для випадку $CO_2/CO = 0,8/0,2 = 4$ розрахункова формула має вид:

$$q_c = 0,8C_{ш} \cdot 33411 + 0,2C_{ш} \cdot 9797 \text{ (кДж/100 кг агломерату)}. \quad (3.9)$$

Для випадку $CO_2/CO = 0,75/0,25 = 3$:

$$q_c = 0,75C_{ш} \cdot 33411 + 0,25C_{ш} \cdot 9797 \text{ (кДж/100 кг агломерату)}. \quad (3.10)$$

$$C_{ш} = (C_{\text{кокс. дріб'яз.}} \cdot 0,01) \cdot z, \quad (3.11)$$

Де 33411 та 9797 - теплота горіння вуглецю відповідно до CO_2 та CO (кДж/1 кг С),

$C_{\text{кокс. дріб'яз.}}$ - вміст вуглецю в коксовому дріб'язку.

Розрахунок $q_{пов.}$

Теплота повітря, що подається до стрічки, після нагріву в спеціальних камерах чи холодного повітря при цеховій температурі підраховується за формулою:

$$q_{пов.} = C_{пов.} \cdot t_{пов.} \cdot V_{пов.} \quad (3.12)$$

Кількість повітря визначається витратою палива і коефіцієнтом

збитку повітря, який при розрахунку можна прийняти рівним: 1,2-1,5.

Нижче (табл. 3.1) приведено розрахунок витрати повітря на спікання для різних варіантів горіння С до CO_2 та CO .

Таблиця 3.1 – Розрахунок витрати повітря на спікання для різних варіантів горіння С до CO_2 та CO .

Характеристики горіння	Варіант 1	Варіант 2
Співвідношення CO_2/CO в газах, що відходять	4	3
Реакція горіння вуглецю шихти	$0,8C_{ш} + 0,8O_2 = 0,8CO_2$ $0,2C_{ш} + 0,1O_2 = 0,2CO$	$0,75C_{ш} + 0,75O_2 = 0,75CO_2$ $0,25C_{ш} + 0,125O_2 = 0,25CO$
Потрібно кисню для горіння $C_{ш}$ до CO_2	$32/12 \cdot 0,8C_{ш} = 2,133C_{ш}$ (кг O_2)	$32/12 \cdot 0,75C_{ш} = 2C_{ш}$ (кг O_2)
Потрібно кисню для горіння $C_{ш}$ до CO	$16/12 \cdot 0,2C_{ш} = 0,267C_{ш}$ (кг O_2)	$16/12 \cdot 0,25C_{ш} = 0,333C_{ш}$ (кг O_2)
Усього потрібно кисню для горіння С до CO_2 та CO .	$2,4 C_{ш}$ (кг O_2)	$2,333 C_{ш}$ (кг O_2)

Частина кисню дає агломераційна шихта в процесі відновлення оксидів заліза. В інших випадках аглошихта потребує додаткової кількості кисню для окиснення оксидів заліза. Необхідно ще врахувати потребу в кисні на окиснення сірки, для окиснення заліза пирита (FeS_2) і троїліта (FeS).

Виділяється кисню при термічній дисоціації і відновлення оксидів заліза:

$$O_{m.д.} = 1/9(FeO_{агл.} - \frac{x \cdot FeO_x}{100}), \quad (3.13)$$

де $O_{m.д.}$ - кисень термічної дисоціації

Потрібно кисню для окиснення $S_{орг.}$ коксового дріб'язку:

$$O_{S_{орг.}} = 0,95S_{орг.} \cdot 0,01 z. \quad (3.14)$$

Потрібно кисню для окиснення Fe_{FeS} та S_{FeS} до Fe_2O_3 та SO_2


$$O_{S_{FeS}} = 0,95FeS \cdot 1,75 \cdot 0,01 z. \quad (3.15)$$

Виділяється кисню шихтою та використовується при горінні вуглецю:

$$O_{ш} = O_{m.д.} - O_{S_{орг.}} - O_{S_{FeS}} \quad (3.16)$$

Потреба в кисні становить:

$$m'_{O_2} = 2,333 \cdot C_{ш} - O_{ш} \text{ (кг } O_2/100 \text{ кг агломерату)}. \quad (3.17)$$



З урахуванням коефіцієнту надлишку кисню потреба в кисню становитиме:

$$m_{O_2} = 1,2 m'_{O_2}. \quad (3.18)$$

Перейдемо від маси кисню повітря до його об'єму

$$(V_{O_2} = \text{маса} \cdot 22,4/32).$$

Об'єм кисню повітря:

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot m_{O_2} \text{ (м}^3 \text{ O}_2\text{/100 кг агломерату)}. \quad (3.19)$$

Об'єм азоту повітря:

$$V_{N_2} = 3,7619 \cdot \frac{22,4}{32} \cdot m_{O_2} \text{ (м}^3 \text{ N}_2\text{/100 кг агломерату)}. \quad (3.20)$$

Повний об'єм сухого повітря:

$$V_{\Sigma O_2 + N_2} = V_{O_2} + V_{N_2} = m_{O_2} \left(\frac{22,4}{32} + 3,7619 \right) \quad (3.21)$$

Об'єм водяного пару повітря при 1 % вологи:

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot m_{O_2} \left(\frac{22,4}{32} + 3,7619 \right) \quad (3.22)$$

Повний об'єм вологого повітря:

$$V_{\Sigma} = V_{O_2} + V_{N_2} + V_{H_2O}. \quad (3.23)$$

Приймаючи, що все повітря подається до стрічки з температурою 25 °С [$C_p = 1,30$ кДж/ (м³·град)]:

$$q_{\text{в}} = 1,30 \cdot 25 \cdot V_{\Sigma} \text{ (кДж/100 кг агломерату)}. \quad (3.24)$$

Розрахунок q_w

Теплота шихти, що підігріта до 60-80 °С, розраховується за формулою:

$$q_w = 1,05 \cdot t_w \text{ (маса шихти + маса звороту)}, \quad (3.25)$$

де $1,05$ кДж/(кг·град) – питома теплоємність шихти;
 t_w - температура шихти, °С.

При температурі шихти 60 °С та 40% звороту ця стаття балансу отримує наступні значення:

$$q_w = 1,05 \cdot 60 \cdot (x + y + z + 40) = 63x + 63y + 63z + 2520 \text{ (кДж/100 кг агломерату)}. \quad (3.26)$$

Розрахунок q_s

Теплоту горіння сульфідів та органічної сірки враховуємо виходячи з теплових ефектів за реакціями:

$$\begin{aligned} S_{орз.} + O_2 &= SO_2 + 9278 \text{ (кДж/кг S)}; \\ 4FeS_2 + 11O_2 &= 2Fe_2O_3 + 8SO_2 + 6896 \text{ (кДж/кг FeS}_2\text{)}; \\ 4FeS + 7O_2 &= 2Fe_2O_3 + 4SO_2 + 6963 \text{ (кДж/кг FeS)}; \\ q_s &= 0,95 \cdot 0,01 S_{орз.} \cdot 9278 z + 0,95 \cdot 0,01 (FeS + FeS_2) \cdot 6963 z = \\ &= 0,95 \cdot 0,01 z [9278 S_{орз.} + 6963 (FeS + FeS_2)]. \end{aligned} \quad (3.27)$$

Теплота запалювання - $q_{зап.}$

Теплота запалювання може бути прийнятою в середньому 14500-16750 кДж/100 кг агломерату.

Теплота додаткового обігріву - $q_{дод. обігр. та q_{т-ки}$

Теплота додаткового обігріву спікаемого шару та термічної обробки агломерату здійснюється полум'ям газових горілок, враховується також, як і теплота запалювання, в кДж/100кг агломерату.

Теплота окислення - $q_{окис.}$

Теплота окислення магнетиту враховується при спіканні магнетитових концентратів і руд, коли шихта містить більше FeO, чим агломерат.

Теплота утворення силікатів та феритів – a

Теплота утворення силікатів та феритів може бути в середньому прийнята рівною 2-3 % від спільного приходу тепла.

Теплота випаровування гігроскопічної вологи шихти - $q_{випар.}$

$$(H_2O)_{рідин.} \rightarrow (H_2O)_{пар} - 2258 \text{ кДж/кг H}_2\text{O};$$

$$q_{гидр.} = H_2O_{гидр.} \cdot 2258 \text{ (кДж/100 кг агломерату)}, \quad (3.28)$$

де $H_2O_{гидр.}$ - середня оптимальна вологість при укладанні на стрічку.

Теплота розкладання гідратів - $q_{гидр}$

$$q_{гидр.} = 4187 \cdot H_2O_{гидр.} \cdot X, \quad (3.29)$$

де 4187 - тепловий ефект кДж/кг H_2O .

Теплота дисоціації карбонатів - $q_{карб}$

Теплота дисоціації карбонатів розраховується за формулою:

$$q_{карб.} = 40,44(CO_{2x}CaCO_3 \cdot X + CO_{2y}CaCO_3 \cdot Y + CO_{2m}CaCO_3 \cdot m) + 23,11(CO_{2x}MgCO_3 \cdot X + CO_{2y}MgCO_3 \cdot Y + CO_{2m}MgCO_3 \cdot m) + 19,38(CO_{2x}FeCO_3 \cdot X + CO_{2y}FeCO_3 \cdot Y + CO_{2m}FeCO_3 \cdot m) \quad (3.30)$$

В формулі (3.30) використовуються теплові ефекти розкладання карбонатів в перерахунку на 1 кг CO_2 , що виділяється в ході процесу. В формулу слід поставити вміст CO_2 у відсотках. При цьому розподіл CO_2 між $CaCO_3$, $MgCO_3$ та $FeCO_3$ приймається з урахуванням мінералогічного аналізу компонентів шихти.

Теплота дисоціації оксидів - $q_{дисоц}$

Витрата тепла на дисоціацію оксидів враховується за формулою

$$q_{дисоц.} = 18288 O_{Fe_2O_3 \rightarrow FeO} \text{ (кДж/100 кг агломерату)}, \quad (3.31)$$

$$q_{дисоц.} = 18288 O_{т.д.} \quad (3.32)$$

Ентальпія газів, що відходять - $q_{газ. відх}$

Спочатку визначаємо кількість газів, що відходять агломераційної установки. Приймаємо, що горн агломераційної машини опалюється сумішшю коксового та доменного газів з теплою згорання суміші 7500 кДж/нм³. При витраті тепла на запалювання 15000 кДж/100 кг агломерату, витрата газової суміші при повному згоранні становитиме: $15000/7500 = 2 \text{ м}^3/100 \text{ кг агломерату}$.

В ході агломерації з коксового дріб'язку виділяється леткі речовини: $V_{лет.} = (0,9 \div 1,1) \cdot 0,01 \cdot z \cdot \frac{22,4}{16}$ (м³/100 кг агломерату) (для спрощення прийнято, що всі леткі речовини складаються з метану – CH_4).

Перейдемо тепер до розрахунку об'єму продуктів горіння твердого палива та сірки шихти.

Кількість азоту, що переходить в продукти горіння, було підраховано раніше (див. розрахунок кількості повітря, що подається до стрічки).

$$V_{N_2} = 3,7619 \cdot \frac{22,4}{32} \cdot m_{O_2} \text{ (м}^3 \text{ N}_2\text{/100 кг агломерату)}. \quad (3.33)$$

Кількість водяного пару повітря з урахуванням об'єму гігроскопічної та гідратної вологи шихти (див. розрахунок кількості повітря):

$$V'_{H_2O} = V_{H_2O} + H_2O_{гидр.} \cdot \frac{22,4}{18} + H_2O_{гидр.} \cdot 0,01 \cdot \frac{22,4}{18} \quad (3.34)$$

Кількість збиткового кисню у газах, що відходять (див. розрахунок кількості повітря: $\alpha = 1,2$; приймаємо, що шоста частина кисню не використовується в процесі):

$$V'_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{6} \text{ (м}^3 \text{ O}_2\text{/100 кг агломерату)}. \quad (3.35)$$

Кількість SO_2 та SO_3 у газах, що відходять:

$$0,95 \cdot 0,01 \cdot SO_{3x} \cdot x \cdot \frac{22,4}{80} + 0,95 \cdot 0,01 \cdot SO_{2z} \cdot z \cdot \frac{22,4}{64} + 0,95 \cdot 0,01 \cdot SO_{3y} \cdot y \cdot \frac{22,4}{80} + 0,95 \cdot 0,01 \cdot SO_{2y} \cdot y \cdot \frac{22,4}{64} + 0,95 \cdot 0,01 \cdot SO_{2x} \cdot x \cdot \frac{22,4}{64} + 0,95 \cdot 0,01 \cdot SO_{3z} \cdot z \cdot \frac{22,4}{80} \quad (3.36)$$

Кількість вуглекислоти, що утворюється при горінні твердого палива та при розкладанні карбонатів:

за реакцією $0,8C_{ш} + 0,8O_2 = 0,8CO_2$, при горінні $0,8C_{ш}$ кг вуглецю утворюється $(1,493C_{ш})$ м³ CO_2 ;

за реакцією $0,75C_{ш} + 0,75O_2 = 0,75CO_2$, при горінні $0,75C_{ш}$ кг вуглецю утворюється $(1,399C_{ш})$ м³ CO_2 ;

$$V_{CO_2} = 1,399 C_{ш} + CO_{2x} \cdot 0,01 \cdot x \cdot \frac{22,4}{44} + CO_{2y} \cdot 0,01 \cdot y \cdot \frac{22,4}{44} \text{ (м}^3 \text{ CO}_2\text{/100 кг агломерату)}. \quad (3.37)$$

Об'єм CO , що утворюється при горінні твердого вуглецю:


за реакцією $0,2C_{ш} + 0,1O_2 = 0,2CO$, при горінні $0,2C_{ш}$ кг вуглецю утворюється $(0,375C_{ш})$ м³ CO ;

за реакцією $0,25C_{ш} + 0,125O_2 = 0,25CO$, при горінні $0,25C_{ш}$ кг вуглецю утворюється $(0,466C_{ш})$ м³ CO ;

$$V_{CO} = 0,466 \cdot C_{\text{кокс. дріб'яз.}} \cdot 0,01 \cdot z \text{ (м}^3 \text{ CO/100 кг агломерату)}. \quad (3.38)$$

Загальний об'єм відсмоктуємого газу з шару, що спікається:

$$V_{\Sigma} = 2 + V_{\text{лет.}} + V_{N_2} + V'_{H_2O} + V_{\Sigma} SO_2 + SO_3 + V_{CO_2} + V_{CO} \text{ (м}^3 \text{ CO/100 кг агломерату)}. \quad (3.39)$$



По експериментальним даним, величина шкідливих прососів досягає на стрічкових машинах 50-70 % по відношенню до загального об'єму газів, що відсмоктуються ексаустером. Приймаємо цю величину рівною 50 %.

Тоді отриманий об'єм подвоюється:

$$V'_{\Sigma} = 2 \cdot V_{\Sigma} . \quad (3.40)$$

Температура газів, що відходять перед ексаустером зазвичай становить 150°C. Приймаємо $t_{\text{газ. відх.}} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (питома теплоємність 1,36 кДж/(м³·град)

$$q_{\text{газ. відх.}} = 150 \cdot 1,36 \cdot V'_{\Sigma} . \quad (3.41)$$

Тепловміст пирога

Тепловміст пирога готового офлюсованого агломерату коливається в межах 33000-50000 кДж/100 кг агломерату. Менші значення для магнетитових руд, більші значення для сидеритів, бурого залізняка і т.п.

Окрім 100 кг годного агломерату отримуємо ще 40 кг звороту (коефіцієнт 1,4 в розрахунках):

$$q_n = 40000 \cdot 1,4 = 56000 \text{ (кДж/100 кг агломерату+40 кг звороту)}. \quad (3.42)$$

Теплові витрати

Теплові витрати агломераційних стрічок в різних умовах становлять 4-12% від загального об'єму витрати тепла. В проектах рекомендується 10 % ($C = 0,1$).

Рівняння теплового балансу спікання

Сумуємо статті приходу та витрати тепла у відповідності з рівнянням (3.8) отримуємо остаточне рівняння теплового балансу.

Рішення

Рішення трьох рівнянь з трьома невідомими дозволяє визначити витрату руди, вапняку та коксового дріб'язку.

4 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ

Вихідні данні до розрахунку аглошихти

$$\text{Основність агломерату } b = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3} = 1,42$$

Вміст FeO в агломераті, % 14,5

Співвідношення компонентів рудної частини шихти:

Концентрат, % 50

Руда, % 46

Колошниковий пил, % 4

Співвідношення компонентів флюсу:

Вапняк звичайний, % 50

Вапняк доломітизований, % 50

Склад компонентів шихти приведений в табл. 4.1.

Недостатні значення вмісту оксидів заліза (Fe_2O_3), марганцю (MnO), фосфору (P_2O_5) та сірки (SO_3) в залізній руді, вапняку та колошниковому пилу визначаємо з вмісту чистих елементів в цих матеріалах за наступною формулою:

$$Me_nO_m = \frac{M_{Me_nO_m}}{nA_{Me}} \cdot Me,$$

Де Me_nO_m - вміст оксиду елемента в матеріалі, %,

$M_{Me_nO_m}$ - молекулярна маса оксиду елемента, а.е.м.

nA_{Me} - атомна маса елемента, а.е.м.

Me - вміст чистого елемента в матеріалі, %.

Недостатні значення вмісту чистих елементів у компонентах аглошихти визначаємо за формулою:

$$Me = \frac{nA_{Me}}{M_{Me_nO_m}} \cdot Me_nO_m.$$

Таблиця 4.1 – Хімічний склад компонентів агломераційної шихти

<i>Матеріали</i>	<i>Fe_{заг.}</i>	<i>Mn_{заг.}</i>	<i>P_{заг.}</i>	<i>S_{заг.}</i>	<i>FeO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>MnO</i>	<i>Mn₃O₄</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>SO₃</i>	<i>TiO₂</i>	<i>C_{нел.}</i>	<i>ППП</i>	<i>∑оксидів</i>
<i>Залізорудний концентрат</i>	64,07	0,04	0,02	0,15	28,91	59,41	8,75	0,56	0,40	0,71	0,05	-	0,05	0,38	-	-	0,79	100,01
	64,07	0,04	0,02	0,15	28,91	59,40	8,75	0,56	0,40	0,71	0,05	-	0,05	0,38	-	-	0,79	100,00
<i>Залізна руда</i>	42,92	0,40	0,05	0,23	-	61,32	16,24	6,44	7,28	1,12	0,51	-	0,11	0,57	-	-	6,53	100,12
	42,88	0,40	0,05	0,23	-	61,25	16,22	6,43	7,27	1,12	0,51	-	0,11	0,57	-	-	6,52	100,00
<i>Колошниковий пил</i>	56,45	0,74	0,03	0,03	20,78	53,88	12,98	1,25	1,65	0,22	0,96	-	0,08	0,07	-	7,05	0,84	99,76
	56,59	0,74	0,03	0,03	20,83	54,01	13,02	1,25	1,65	0,22	0,96	-	0,08	0,07	-	7,07	0,84	100,00
<i>Звичайний вапняк</i>	0,12	0,01	0,08	-	-	0,17	0,97	0,14	54,60	0,54	0,01	-	0,21	-	-	-	43,49	100,13
	0,12	0,01	0,08	-	-	0,17	0,97	0,14	54,53	0,54	0,01	-	0,21	-	-	-	43,43	100,00
<i>Доломітизований вапняк</i>	0,50	0,03	0,01	-	-	0,71	1,20	0,92	31,30	20,50	0,04	-	0,03	-	-	-	47,10	101,80
	0,49	0,03	0,01	-	-	0,70	1,18	0,90	30,73	20,13	0,04	-	0,03	-	-	-	46,29	100,00
<i>Зола коксиду</i>	19,16	0,97	0,18	1,15	-	27,37	39,41	23,70	3,65	1,15	1,25	-	0,41	2,87	-	-	-	99,81
	19,20	0,97	0,18	1,15	-	27,42	39,49	23,75	3,66	1,15	1,25	-	0,41	2,87	-	-	-	100,00

Коксик: A = 13,70 %; V = 1,78 %; S = 2,16 %; C_{нел.} = 82,36 %; W = 8,44 %.

Примітка: Перед початком розрахунків перевірте, щоб сума оксидів в хімічному складі матеріалів, а також сума компонентів технічного аналізу коксиду були рівними 100 %.

4.1 Розрахунок складу залізорудної суміші в аглошихті

Виходячи з заданого співвідношення компонентів рудної частини аглошихти визначаємо вміст залізорудної суміші, для чого вміст кожного оксиду в компоненті рудної частини аглошихти помножуємо на вміст даного компоненту в рудній частині. Отриманні данні по кожному оксиду сумують у всіх компонентах.

Так вміст FeO в суміші становитиме:

$$FeO_{сум.} = 28,91 \cdot 0,5 + 20,83 \cdot 0,04 = 15,29 \%,$$

де $FeO_{сум.}$ – вміст FeO в залізорудній суміші, %;

28,91 - вміст FeO в концентраті, %;

0,5 - доля концентрату в залізорудній частині шихти;

20,83 - вміст FeO в колошниковому пилу, %;

0,04 - доля колошникового пилу в залізорудній частині шихти.

Аналогічно визначаємо вміст оксидів інших елементів в залізорудній суміші. Отриманні данні зводимо до табл. 4.2.

4.2 Розрахунок вмісту флюсової суміші в аглошихті

Вміст флюсової суміші, яка складається з звичайного вапняку та доломітизованого вапняку в співвідношенні 1:1, визначаємо аналогічно складу залізорудної частини шихти. Данні по розрахунку вмісту флюсової суміші зведені в табл. 4.3.

Якщо задані різні види твердого палива, то їхня суміш знаходиться аналогічно.

4.3 Рівняння балансу основності агломерату

$$b = \frac{(CaO_x + MgO_x) \cdot x + (CaO_y + MgO_y) \cdot y + (CaO_z + MgO_z) \cdot z \cdot 0,137}{[(SiO_2)_x + (Al_2O_3)_x] \cdot x + [(SiO_2)_y + (Al_2O_3)_y] \cdot y + [(SiO_2)_z + (Al_2O_3)_z] \cdot z \cdot 0,137},$$

де b - задана основність агломерату, $b = 1,42$;

x, y, z - відповідно, витрата рудної суміші, флюсової суміші, коксиду, кг/100 кг агломерату;

0,137 - вміст золи в коксиду;

CaO, MgO, SiO_2, Al_2O_3 - вміст оксидів в рудній суміші, флюсовій суміші, коксовому дріб'язку, %.

$$1,42 = \frac{(3,61 + 0,88) \cdot x + (42,63 + 10,33) \cdot y + (3,66 + 1,15) \cdot z \cdot 0,137}{(12,36 + 3,29) \cdot x + (1,07 + 0,52) \cdot y + (39,49 + 23,75) \cdot z \cdot 0,137},$$

Таблиця 4.2 – Розрахунок вмісту залізорудної суміші в аглошихті

№	Матеріали	Вміст в залізорудній суміші, %	Доля оксидів компонентів в залізорудній суміші										
			<i>FeO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>MnO</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>SO₃</i>	<i>C_{нел.}</i>	<i>ППП</i>
1	Залізорудний концентрат	50	14,46	29,70	4,38	0,28	0,20	0,35	0,03	0,03	0,19	-	0,40
2	Залізна руда	46	-	28,18	7,46	2,96	3,34	0,52	0,23	0,05	0,26	-	3,00
3	Колошниковий пил	4	0,83	2,16	0,52	0,05	0,07	0,01	0,04	-	-	0,28	0,03
4	Залізорудна суміш	100	15,29	60,04	12,36	3,29	3,61	0,88	0,30	0,08	0,45	0,28	3,43

Таблиця 4.3 – Розрахунок вмісту флюсової суміші в аглошихті

№	Матеріали	Вміст в флюсовій суміші, %	Доля оксидів компонентів в залізорудній суміші							
			<i>Fe₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>MnO</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>ППП</i>
1	Звичайний вапняк	50	0,09	0,48	0,07	27,26	0,27	0,01	0,10	21,72
2	Доломітизований вапняк	50	0,35	0,59	0,45	15,37	10,06	0,02	0,02	23,14
3	Флюсова суміш	100	0,44	1,07	0,52	42,63	10,33	0,03	0,12	44,86

$$17,73 \cdot x - 50,70 \cdot y + 11,64 \cdot z = 0.$$

4.4 Рівняння матеріального балансу

$$T_x \cdot x + T_y \cdot y + T_z \cdot z - \Delta O_2 = 100,$$

де T_x - вихід твердого продукту з залізорудної суміші;

T_y - вихід твердого продукту з флюсової суміші;

T_z - вихід твердого продукту з коксикі;

ΔO_2 - звільнення (зв'язування) O_2 в результаті окиснювально-відновлювальних реакцій, кг/100 кг агломерату;

x, y, z - витрата рудної суміші, флюсової суміші, коксикі, кг/100 кг агломерату.

Визначаємо вихід твердого продукту з залізорудної суміші

$$T_x = (100 - 0,6 \cdot (SO_3)_x - (C_{нел.})_x - (ППП)_x) \cdot 0,01,$$

де 0,6 – коефіцієнт вигорання SO_3 ;

$(SO_3)_x, (C_{нел.})_x, (ППП)_x$ - вміст $SO_3, C_{нел.}, ППП$ в залізорудній суміші, %.

$$T_x = (100 - 0,6 \cdot 0,45 - 0,28 - 3,43) \cdot 0,01 = 0,96.$$

Визначаємо вихід твердого продукту з флюсової суміші

$$T_y = (100 - (ППП)_y) \cdot 0,01,$$

де $(ППП)_y$ – вміст CO_2 (ППП) в флюсовій суміші, %.

$$T_y = (100 - 44,86) \cdot 0,01 = 0,551.$$

Визначаємо вихід твердого продукту з коксикі

$$T_z = 13,70 \cdot 0,01 = 0,137,$$

де 13,70 - вміст золи у коксикі, %.

Визначаємо ΔO_2 в результаті окиснювально-відновлювальних реакцій. (Прийнято, що поправка враховується в рівнянні матеріального балансу тоді, коли різниця $FeO_{агл.}$ та FeO шихтових матеріалів перевищує 0,5 кг).

$$\Delta O_2 = 1/9 \cdot [FeO_{агл.} - x \cdot (FeO)_x \cdot 0,01], \text{ (кг/100 кг агломерату),}$$

де $FeO_{агл.}$ - вміст FeO в агломераті, %;

$(FeO)_x$ - вміст FeO в залізорудній суміші, %.
 $\Delta O_2 = 1/9 \cdot [14,5 - x \cdot 15,29 \cdot 0,01] = 1,611 - 0,017x$.

Рівняння матеріального балансу (з урахуванням ΔO_2)

$$0,977x + 0,551y + 0,137z - 101,611 = 0.$$

4.5 Рівняння теплового балансу

Розрахунок теплоти згорання твердого палива в CO_2 та CO .

Теплота згорання вуглецю шихти визначається з урахуванням співвідношення CO_2/CO в газах, що видаляються. Приймаємо, що це співвідношення дорівнює 4, тобто $CO_2/CO = 0,8/0,2 = 4$.

Для такого співвідношення формула розрахунку має вигляд:

$$q_c = 0,8C_{ш} \cdot 33411 + 0,2C_{ш} \cdot 9797 \text{ (кДж/100 кг агломерату)},$$

де $C_{ш} = (C_{\text{кокс. дріб'яз.}} \cdot 0,01) \cdot z$;

33411 та 9797 - теплота горіння С відповідно до CO_2 та CO (кДж/1 кг С);

$C_{\text{кокс. дріб'яз.}}$ - вміст вуглецю в коксовому дріб'язку, %.

$$C_{ш} = (82,36 \cdot 0,01) \cdot z = 0,8236z;$$

$$q_c = 0,8 \cdot 0,8236z \cdot 33411 + 0,2 \cdot 0,8236z \cdot 9797 = 23627,6 z \text{ (кДж/100 кг агломерату)}.$$

Визначаємо теплоту запалювання шихти полум'ям газового горну

Теплоту запалювання шихти полум'ям газового горну ($q_{\text{зап.}}$) приймаємо на основі досвіду:

$$q_{\text{зап.}} = 15000 \text{ (кДж/100 кг агломерату)}.$$

Визначаємо теплоту шихти

$$q_{ш} = 1,05 \cdot t_{ш} \text{ (маса шихти + маса звороту)},$$

де 1,05 кДж/(кг·град) – питома теплоємність шихти;

$t_{ш}$ - температура шихти.

При температурі шихти 60 °С та 40% звороту ця стаття балансу отримує наступні значення:

$$q_{ш} = 1,05 \cdot 60 \cdot (x + y + z + 40) = 63x + 63y + 63z + 2520 \text{ (кДж/100 кг агломерату)}.$$

Визначаємо теплоту горіння сульфідів

$$q_s = 0,95 \cdot 0,01 \cdot z \cdot 9278 \cdot S_{орг.},$$

де $0,95$ - коефіцієнт вигорання $S_{орг.}$;

9278 - тепловий ефект реакції горіння $S_{орг.}$, кДж/кг S;

$S_{орг.}$ - вміст сірки в коксовому дріб'язку, %.

$$q_s = 0,95 \cdot 0,01 \cdot z \cdot 9278 \cdot 2,16 = 190,38 z \text{ (кДж/100 кг агломерату)}.$$

Визначаємо теплоту повітря, що подається до аглострічки

$$q_{пов.} = C_{пов.} \cdot t_{пов.} \cdot V_{пов.},$$

де $t_{пов.}$ - температура повітря (приймаємо, що повітря подається до стрічки з температурою 25°C);

$C_{пов.}$ - теплоємність повітря ($C_p = 1,30 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{град}$);

$V_{пов.}$ - об'єм повітря, м^3 .

Для прийнятого співвідношення $\text{CO}_2/\text{CO} = 4$ потреба у кисню для горіння вуглецю визначається наступним чином

$$O_{2c} = 2,4 \cdot C_{ш} = 2,4 \cdot 82,36 \cdot 0,01 \cdot z = 1,977z \text{ (кг)}.$$

Виділяється кисню шихтою при термічній дисоціації та відновлення окислів заліза

$$O_{m.d.} = 1/9 \left(FeO_{агл.} - \frac{x \cdot FeO_x}{100} \right), \text{ (кг)}.$$

$$O_{m.d.} = 1,611 - 0,017x \text{ (кг)}.$$

Необхідно кисню для окислення $S_{орг.}$

$$O_{S_{орг.}} = 0,95 S_{орг.} \cdot 0,01 z,$$

де $S_{орг.}$ - вміст сірки в коксовому дріб'язку, %;

$0,95$ - коефіцієнт вигорання органічної сірки.

$$O_{S_{орг.}} = 0,95 \cdot 2,16 \cdot 0,01 \cdot z = 0,021z \text{ (кг)}.$$

Виділяється кисню шихтою та використовується при горінні вуглецю

$$O_{ш} = O_{m.d.} - O_{S_{орг.}} = 1,611 - 0,017x - 0,021z \text{ (кг)}.$$

Потреба в кисні становить (кг/100 кг агломерату)

$$m'_{O_2} = O_{2c} - O_w = 1,977z - 1,116 + 0,017x + 0,021z = 1,998z + 0,017x - 1,611.$$

Потреба в кисні з урахуванням коефіцієнта надлишку повітря

$$m_{O_2} = 1,2 m'_{O_2};$$
$$m_{O_2} = 2,398z + 0,020x - 1,933 \text{ (кг/100 кг агломерату)}.$$

Перейдемо від маси кисню до його об'єму

$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot m_{O_2} \text{ (м}^3 \text{ O}_2\text{/100 кг агломерату);}$$
$$V_{O_2} = \frac{22,4}{32} \cdot (2,398z + 0,020x - 1,933) = 1,679z + 0,014x - 1,353$$

(м³ O₂/100 кг агломерату).

Визначаємо об'єм азоту повітря

$$V_{N_2} = 3,7619 \cdot V_{O_2} = 6,316z + 0,053x - 5,090 \text{ (м}^3 \text{ N}_2\text{/100 кг агломерату)}.$$

Визначаємо повний об'єм сухого повітря

$$V_{\Sigma O_2 + N_2} = V_{O_2} + V_{N_2};$$

$$V_{\Sigma O_2 + N_2} = 7,995z + 0,067x - 6,443 \text{ (м}^3 \text{ /100 кг агломерату)}.$$

Визначаємо об'єм водяного пару (при вологості 1 %)

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot V_{\Sigma O_2 + N_2} = 0,080z + 0,001x - 0,064$$

(м³ H₂O/100 кг агломерату).

Визначаємо повний об'єм вологого повітря

$$V_{пов.} = V_{\Sigma O_2 + N_2} + V_{H_2O} = 8,075z + 0,068x - 6,507 \text{ (м}^3 \text{ /100 кг агломерату)}.$$

Теплота повітря, що подається до агломераційної стрічки становить

$$q_{пов.} = 1,30 \cdot 25 \cdot (8,075z + 0,068x - 6,507) = 262,438z + 2,21x - 211,478$$

(кДж/100 кг агломерату).

Визначаємо теплоту випаровування гігроскопічної вологи

$$q_{вип.} = H_2O_{вип.} \cdot 2258 \text{ (кДж/100 кг агломерату)},$$

де $H_2O_{гир.}$ - середня оптимальна вологість при укладанні на стрічку.

Приймаємо $H_2O_{гир.} = 9,5 \%$.

$$q_{гир.} = 9,5 \cdot 2258 = 21451 \text{ (кДж/100 кг агломерату).}$$

Визначаємо теплоту дисоціації карбонатів шихти

$$q_{карб.} = 40,44(CO_{2x}CaCO_3 \cdot x + CO_{2y}CaCO_3 \cdot y) + 23,11(CO_{2x}MgCO_3 \cdot x + CO_{2y}MgCO_3 \cdot y),$$

де 40,44 та 23,11 - теплові ефекти розкладання карбонатів Ca та Mg відповідно в перерахунку на 1 кг CO_2 , що виділився в ході процесу, кДж/кг CO_2 ;

$CO_{2x}CaCO_3, CO_{2x}MgCO_3$ - вміст CO_2 в $CaCO_3$ та $MgCO_3$ залізорудної суміші, %;

$CO_{2y}CaCO_3, CO_{2y}MgCO_3$ - вміст CO_2 в $CaCO_3$ та $MgCO_3$ флюсової суміші, %.

$$CO_{2x}CaCO_3 = \frac{ППП_{з.с.} \cdot CaO_{з.с.}}{(CaO_{з.с.} + MgO_{з.с.})} = 2,758 \%,$$

де $ППП_{з.с.}$ – вміст ППП в залізорудній суміші, %;

$CaO_{з.с.}$ – вміст CaO в залізорудній суміші, %;

$MgO_{з.с.}$ – вміст MgO в залізорудній суміші, %.

Аналогічно розраховуємо $CO_{2x}MgCO_3, CO_{2y}CaCO_3, CO_{2y}MgCO_3$.

$$\begin{aligned} q_{карб.} &= 40,44 (2,758 \cdot x + 36,11 \cdot y) + 23,11 (0,672 \cdot x + 8,75 \cdot y) = \\ &= 127,063x + 1662,501y \text{ (кДж/100 кг агломерату).} \end{aligned}$$

Розрахунок ентальпії газів, що відходять.

Визначаємо витрату газу на заживання палива аглошихти. Приймаємо, що горн агломераційної машини опалюється сумішшю коксового та доменного газів з теплою згорання суміші 7500 кДж/нм^3 . При витраті тепла на запалювання агломерату – $15000 \text{ кДж/100 кг агломерату}$, витрата газової суміші при повному згоранні становитиме $15000/7500 = 2 \text{ м}^3/100 \text{ кг агломерату}$.

Визначаємо об'єм летючих коксиків. Приймаємо, що всі летючі речовини складаються з метану - CH_4 .

$$V_{лет.} = 0,0178 \cdot z \cdot \frac{22,4}{16} = 0,025z \text{ (м}^3/100 \text{ кг агломерату),}$$

де 0,0178 - вміст летючих у коксику.

Визначаємо об'єм надмірного кисню в газах що видаляються. Приймаємо, що при коефіцієнті надлишку повітря не використовується у процесі горіння 1/6 частина кисню повітря.

$$V'_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{6} \text{ (м}^3 \text{ O}_2\text{/100 кг агломерату).}$$

Розрахунок V_{O_2} виконано в п. 5.5.5.7.

$$V'_{O_2} = (1,679 z + 0,014x - 1,353)/6 = 0,2798z + 0,0023x - 0,2255 \text{ (м}^3 \text{ O}_2\text{/100 кг агломерату).}$$

Об'єм азоту, що переходить у гази, що відходять розраховано вище.

$$V_{N_2} = 6,316z + 0,053x - 5,090 \text{ (м}^3 \text{ N}_2\text{/100 кг агломерату).}$$

Визначаємо об'єм SO_2 в газах, що відходять

$$V_{SO_2} = 0,0216 \cdot \frac{22,4}{64} \cdot z = 0,0076 z \text{ (м}^3 \text{ SO}_2\text{/100 кг агломерату).}$$

Визначаємо об'єм CO_2 в газах, що відходять.

Об'єм CO_2 , що утворюється при горінні вуглецю шихти

$$V_{CO_2,ш.} = 1,493 \cdot C_{ш} = 1,493 \cdot 82,36 \cdot 0,01 \cdot z = 1,2296 z \text{ (м}^3 \text{ CO}_2\text{/100 кг агломерату).}$$

Об'єм CO_2 , що утворюється при дисоціації карбонатів шихти $CaCO_3$ та $MgCO_3$.

$$V_{CO_2,карб.} = 3,43 \cdot 0,01 \cdot x \cdot \frac{22,4}{44} + 44,86 \cdot 0,01 \cdot y \cdot \frac{22,4}{44} = 0,0175 x + 0,2284 y \text{ (м}^3 \text{ CO}_2\text{/100 кг агломерату).}$$

Сумарний об'єм CO_2 .

$$V_{CO_2} = V_{CO_2,ш.} + V_{CO_2,карб.} = 0,0175 x + 0,2284 y + 1,2296 z \text{ (м}^3 \text{ CO}_2\text{/100 кг агломерату).}$$

Об'єм CO, що утворюється при горінні вуглецю шихти

$$V_{CO} = 0,446 \cdot C_w = 0,466 \cdot 82,36 \cdot 0,01 \cdot z = 0,3838 z$$

(м³ CO/100 кг агломерату).

Визначаємо кількість водяного пару повітря з урахуванням гігроскопічної вологи

$$V'_{H_2O} = V_{H_2O} + H_2O_{\text{в.п.}} \cdot 22,4/18 \text{ (м}^3 \text{ H}_2\text{O/100 кг агломерату),}$$

де V_{H_2O} - об'єм водяного пару в повітрі визначено в п. 3.5.5.10;

$H_2O_{\text{в.п.}}$ - маса гігроскопічної вологи (кг H_2O /100 кг агломерату).

При прийнятій вологості шихти (9,5%) - $H_2O_{\text{в.п.}} = 9,5$ (кг H_2O /100 кг агломерату).

$$V'_{H_2O} = 0,080z + 0,001x - 0,064 + 9,5 \cdot 22,4/18 = 0,080z + 0,001x + 11,758$$

(м³ H_2O /100 кг агломерату).

Загальний об'єм газів, що відсмоктуються

$$V_{\Sigma} = 2 + V_{\text{лет.}} + V'_{O_2} + V_{N_2} + V'_{H_2O} + V_{CO_2} + V_{CO} + V_{SO_2};$$

$$V_{\Sigma} = 0,0738 x + 0,2284 y + 8,3218 z + 8,4425 \text{ (м}^3 \text{/100 кг агломерату).}$$

Приймаємо величину шкідливих прососів рівною 50 %, тоді об'єм газів, що відсмоктуються буде вдвічі більшим

$$V'_{\Sigma} = 2 \cdot V_{\Sigma} = 0,1476 x + 0,4568 y + 16,6436 z + 16,885$$

(м³ /100 кг агломерату).

Приймаємо температуру газів, що відходять - $t_{\text{газ. відх.}} = 150^{\circ}\text{C}$ (питома теплоємність 1,36 кДж/м³·град).

Тоді ентальпія газів, що відходять дорівнює

$$q_{\text{газ. відх.}} = 150 \cdot 1,36 V'_{\Sigma} = 150 \cdot 1,36 \cdot (0,1476 x + 0,4568 y + 16,6436 z + 16,885) = 30,110 x + 93,187 y + 3395,294 z + 3444,540$$

(кДж/100 кг агломерату).

Тепловміст пирога агломерату

Приймаємо тепловміст пирога готового агломерату рівним 40000 кДж/100 кг агломерату. Окрім 100 кг годного агломерату отримуємо 40 кг повернення (коефіцієнт 1,4 в розрахунку).

Тоді $q_p = 40000 \cdot 1,4 = 56000$ (кДж/100 кг агломерату+40 кг звороту).

Теплоту утворення силікатів та феритів приймаємо рівною 3%

$$\alpha = 0,03.$$

Теплові витрати приймаємо рівними 10 %

$$C = 0,1.$$

Рівняння теплового балансу

$$(65,21x + 63,0y + 24143,418z + 17308,522)/(1-0,03) = \\ = (157,173x + 1755,688y + 3395,294z + 80895,54)/(1-0,1);$$

$$-107,410x - 1885,816y + 21117,573z - 72040,096 = 0.$$

Вирішуємо систему трьох рівнянь з трьома невідомими (x,y,z)

$$17,73 \cdot x - 50,70 \cdot y + 11,64 \cdot z = 0;$$

$$0,977x + 0,551y + 0,137z - 101,611 = 0;$$

$$-107,410x - 1885,816y + 21117,573z - 72040,096 = 0.$$

Витрата рудної суміші $x = 85,33$ (кг /100 кг агломерату).

Витрата флюсової суміші $y = 31,39$ (кг /100 кг агломерату).

Витрата коксикі $z = 6,79$ (кг /100 кг агломерату).

Витрата компонентів рудної суміші

Залізорудний концентрат $85,33 \cdot 0,50 = 42,665$ (кг /100 кг агломерату)

Залізна руда $85,33 \cdot 0,46 = 39,252$ (кг /100 кг агломерату).

Колошниковий пил $85,33 \cdot 0,04 = 3,413$ (кг /100 кг агломерату).

В цілому **85,33** (кг /100 кг агломерату).

Витрата компонентів флюсової суміші

Звичайний вапняк $31,39 \cdot 0,5 = 15,695$ (кг /100 кг агломерату).

Доломітизований вапняк $31,39 \cdot 0,5 = 15,695$ (кг /100 кг агломерату).

В цілому **31,39** (кг /100 кг агломерату).

4.6 Визначення складу агломерату

Складаємо матеріальний баланс нелетких речовин, що вносяться шихтовими матеріалами на 100 кг агломерату (таблиця 4.1).

В матеріальному балансі нелетких речовин, що вносяться шихтовими матеріалами на 100 кг агломерату, враховуємо зміну вмісту FeO і Fe₂O₃ рудної суміші в ході окиснювально-відновлювальних реакцій при агломерації. Приймаємо, що зміни відбулися в концентраті.

При $\Delta O_2 = 1/9 \cdot [14,5 - x \cdot 15,29 \cdot 0,01] = 1,611 - 0,017x = 0,1604$ кг/100 кг агломерату відбулося часткове окислення FeO концентрату до Fe₂O₃.

Вміст FeO в концентраті збільшився на

$$\Delta FeO = 288/32 \cdot 0,1604 = 1,4436 \text{ кг/100 кг агломерату,}$$

і становить

$$FeO = 42,665 \cdot 0,2891 + 1,4436 = 13,778 \text{ кг/100 кг агломерату.}$$

Вміст Fe₂O₃ в концентраті зменшився на

$$\Delta Fe_2O_3 = -(320/32 \cdot 0,1604) = -1,604 \text{ кг/100 кг агломерату,}$$

і становить

$$42,665 \cdot 0,5940 - 1,604 = 23,739 \text{ кг/100 кг агломерату.}$$

Визначаємо вміст заліза в агломераті

$$Fe_{агл.} = 50,016 \cdot 112/160 + 14,489 \cdot 56/72 = 46,28 \text{ \%}.$$

Визначаємо вміст марганцю в агломераті

$$Mn_{агл.} = 0,274 \cdot 55/71 = 0,21 \text{ \%}.$$

Визначаємо вміст фосфору в агломераті

$$P_{агл.} = 0,109 \cdot 62/142 = 0,048 \text{ \%}.$$

Визначаємо вміст сірки в агломераті

$$S_{агл.} = 0,415 \cdot 32/80 = 0,166 \text{ \%}.$$

Перевірка основності агломерату

$$b = (16,496 + 4,006) / (11,248 + 3,190) = 1,4200027 \sim 1,42.$$

Нев'язка матеріального балансу

$$100 - 100,243 = 0,243 \text{ кг.}$$

(допускається нев'язка $\pm 0,5$ кг).

Таблиця 4.1 – Баланс нелетких речовин, що вносяться шихтовими матеріалами на 100 кг агломерату

Матеріали	Кількість, кг	FeO		Fe ₂ O ₃		SiO ₂		Al ₂ O ₃		CaO		MgO		MnO		P ₂ O ₅		SO ₃		Разом
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг			
Залізорудний концентрат	42,665	28,91	13,778	59,40	23,739	8,75	3,733	0,56	0,239	0,40	0,171	0,71	0,303	0,05	0,021	0,05	0,021	0,38	0,162	42,167
Залізна руда	39,252	-	-	61,25	24,042	16,22	6,367	6,43	2,524	7,27	2,854	1,12	0,440	0,51	0,200	0,11	0,043	0,57	0,224	36,694
Колошниковий пил	3,413	20,83	0,711	54,01	1,843	13,02	0,444	1,25	0,043	1,65	0,056	0,22	0,008	0,96	0,033	0,08	0,003	0,07	0,002	3,143
Звичайний вапняк	15,695	-	-	0,17	0,027	0,97	0,152	0,14	0,022	54,53	8,558	0,54	0,085	0,01	0,002	0,21	0,033	-	-	8,879
Доломітизований вапняк	15,695	-	-	0,70	0,110	1,18	0,185	0,90	0,141	30,73	4,823	20,13	3,159	0,04	0,006	0,03	0,005	-	-	8,429
Зола коксиду	0,930	-	-	27,42	0,255	39,49	0,367	23,75	0,221	3,66	0,034	1,15	0,011	1,25	0,012	0,41	0,004	2,87	0,027	0,931
			14,489		50,016		11,248		3,190		16,496		4,006		0,274		0,109		0,415	100,243

Хімічний склад агломерату, %:

Fe	Mn	P	S	FeO	Fe₂O₃	SiO₂	Al₂O₃	CaO	MgO	MnO	P₂O₅	SO₃
42,28	0,21	0,048	0,166	14,5	50,016	11,248	3,190	16,496	4,006	0,274	0,109	0,415

4.7 Перевірка розрахункового теплового балансу

Таблиця 4.2 – Тепловий баланс

№	ПРИХОД ТЕПЛА			№	ВИТРАТА ТЕПЛА		
	Статті балансу	кДж/100 кг агломерату	%		Статті балансу	кДж/100 кг агломерату	%
1	Теплота горіння твердого палива	160431,4	82,44	1	Випаровування гігроскопічної вологи	21451,0	11,13
2	Теплота повітря, що подається до стрічки	1759,1	0,90	2	Дисоціація карбонатів	63028,2	32,70
3	Теплота горіння сірки	1292,7	0,66	3	Теплота газів, що відходять	32993,0	17,12
4	Теплота запалювання	15000,0	7,71	4	Теплота готового агломерату	56000,0	29,05
5	Теплота мінералоутворення	5838,7	3,00	5	Теплові витрати	19274,7	10,00
6	Тепло шихти	10301,1	5,29				
	Разом	194623,0	100,00		Разом	192746,9	100,00

Нев'язка теплового балансу $192746,9 - 194623,0 = - 1876,1$ кДж
чи $(192746,9 - 194623,0) \cdot 100 / 194623,0 = 0,96$ %.

5 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. Мовчан В. П., Бережний М. М. Основи металургії. Дніпропетровськ : «Пороги», 2001. 334 с.
5. Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручник / Д. Ф. Чернега та ін. Київ : Вища школа, 2006. 503 с.
6. Bhagat R. P. Agglomeration of Iron Ores. 1st Edition. Boca Raton : CRC Press, 2019. 438 p.
7. Шуваєв С. П., Семірягін С. В., Нізяєв К. Г., Бойко М. М., Стоянов О. М., Ягольник М. В. Дослідження шляхів інтенсифікації агломераційного процесу в умовах акціонерного товариства «Покровський гірничо-збагачувальний комбінат». *Met. lit'e Ukr.* 2022. Том 30, № 1. Р. 8-15.
8. Pietsch W. B. Agglomeration Processes. 1st Edition. Wiley, 2008. 624 p. URL: <https://read.kortext.com/inventory/search/923932>
9. Bizhanov A., Chizhikova V. Agglomeration in Metallurgy. Cham : Springer, 2020. 399 p. URL: <https://read.kortext.com/reader/epub/812125>
10. Положення про організацію освітнього процесу у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». URL: <https://metinvest.university/page/1171> (дата звернення: 31.05.2024).
11. 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).
12. Правила цитування та посилання на використані літературні джерела : Studopedia.org. URL: <https://studopedia.org/2-31712.html> (дата звернення: 11.01.2024).
13. 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).

Додаток А

Вихідні дані до розрахунку аглошихт

№	Основність агломерату ($\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$), %	Вміст FeO в агломераті, %	Співвідношення компонентів рудної частини шихти			Вапняк (1:1)		Коксик
			К	Р	П	звичайний	доломітизований	
1	1,25	13,5	60/1	35/1	5/1	1	10	1
2	1,28	14,0	50/2	48/2	2/2	2	11	2
3	1,32	13,8	55/3	38/3	7/3	3	12	3
4	1,40	14,5	60/4	35/4	5/1	4	10	4
5	1,26	13,7	58/5	38/5	4/2	5	11	5
6	1,32	13,0	50/6	45/6	5/3	6	12	6
7	1,35	13,5	45/7	50/7	5/1	7	10	1
8	1,38	14,0	50/8	47/8	3/2	8	11	2
9	1,40	13,5	60/9	35/9	5/3	9	12	3
10	1,35	13,0	65/10	32/10	3/1	1	10	4
11	1,38	13,5	62/11	34/11	4/2	2	11	5
12	1,40	13,2	64/12	31/12	4/3	3	12	6
13	1,28	14,0	65/13	33/13	2/1	4	10	1
14	1,30	13,2	66/14	30/14	4/2	5	11	2
15	1,32	13,4	68/15	29/15	3/3	6	12	3
16	1,34	13,6	64/16	30/16	6/1	7	10	4
17	1,36	13,8	60/17	38/17	2/2	8	11	5
18	1,38	14,0	55/18	43/18	2/3	9	12	6
19	1,40	14,2	60/19	37/19	3/1	1	10	1
20	1,42	14,5	50/20	46/20	4/2	2	11	2
21	1,34	13,2	55/21	43/21	2/1	1	12	3
22	1,34	13,4	58/22	40/22	3/3	2	10	4
23	1,36	13,6	60/23	37/23	3/3	3	11	5
24	1,38	13,8	55/24	43/24	2/1	4	12	6
25	1,40	14,0	60/25	37/25	3/2	5	10	1
26	1,35	13,5	58/26	40/26	2/3	6	11	2

- Примітки.
- Хімічний склад компонентів агломераційних шихт наведено в додатку Б у відповідних таблицях.
 - К, Р, П – відповідно – концентрат, руда, колошниковий пил. Чисельник – вміст компоненту в суміші у відсотках; знаменник – номер аналізу у відповідній таблиці.
 - Цифри у графі коксик – номер технічного аналізу коксу.

Хімічний склад компонентів агломераційних шихт

Хімічний склад залізородних концентратів для розрахунку аглошихт

№	Вміст елементу, %											
	Fe _{заг.}	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	P	S	TiO ₂	ППП
1	65,21	22,62	68,18	7,75	0,34	0,39	0,21	0,076	0,014	0,047	-	1,20
2	63,50	23,48	64,61	0,72	0,39	5,30	1,96	0,050	0,014	0,038	1,400	3,50
3	62,70	24,60	61,92	4,16	1,56	3,03	2,34	0,085	0,084	0,009	0,327	1,63
4	61,70	19,2	66,80	6,56	4,69	1,18	2,92	0,094	0,026	0,080	0,130	4,30
5	66,65	28,34	63,71	4,00	1,09	0,85	1,26	0,140	0,014	0,350	0,170	0,60
6	49,00	0,30	69,74	11,23	0,35	0,43	4,53	-	0,680	0,030	-	11,18
7	64,04	27,70	57,41	10,15	0,29	0,23	0,06	0,019	0,014	0,018	0,012	0,07
8	65,50	27,90	62,56	7,98	0,23	0,42	0,36	0,010	0,031	0,045	-	0,54
9	65,68	28,51	62,14	7,97	0,26	0,46	0,31	0,012	0,031	0,040	-	0,59
10	68,09	26,54	67,77	4,92	1,83	0,23	0,24	0,015	0,022	0,014	-	2,45
11	49,24	1,87	68,27	6,40	2,40	12,50	2,07	0,300	-	0,147	-	3,10
12	63,30	30,00	57,09	10,30	0,34	0,61	0,90	0,240	0,013	0,05	-	2,28
13	65,26	27,50	62,66	8,30	0,28	0,43	0,10	0,020	0,016	0,019	-	1,29
14	64,66	26,55	62,86	8,30	0,22	0,51	0,13	0,020	0,013	0,016	-	0,01
15	65,70	63,48	27,40	7,80	0,22	0,12	0,12	0,030	0,015	0,011	-	0,69
16	64,42	22,40	67,13	9,20	0,17	0,17	0,83	0,035	0,050	0,033	0,030	2,07
17	66,92	28,00	64,49	5,70	0,21	0,31	0,52	0,033	0,017	0,038	0,019	2,02
18	65,14	26,77	63,12	8,42	0,35	0,32	0,13	0,036	0,001	0,021	0,019	0,50
19	63,39	27,15	60,49	10,00	0,33	0,88	0,57	0,050	0,019	0,110	-	0,80
20	64,74	27,46	56,43	8,31	0,38	0,67	0,53	0,050	0,019	0,166	-	0,75
21	65,20	28,90	61,20	7,82	0,22	0,72	0,32	0,050	0,009	0,042	-	0,91
22	64,40	26,90	62,25	4,15	2,59	0,54	0,89	-	0,019	0,485	-	1,90
23	60,80	26,60	57,30	5,60	2,60	1,38	2,52	0,620	0,048	0,540	-	1,60
24	52,40	23,50	48,74	10,00	6,50	2,90	4,08	0,560	0,116	1,670	-	2,80
25	45,00	18,20	44,06	14,20	7,30	1,80	3,08	0,020	0,083	2,200	-	3,00
26	60,64	24,90	58,96	6,20	2,70	1,38	4,50	0,420	0,040	0,430	-	5,00

Хімічний склад залізних руд для розрахунку аглошихт

№	Вміст елементу, %								
	Fe _{заг.}	Mn	P	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	ППП
1	43,00	0,70	1,200	0,17	16,00	3,50	1,06	0,46	9,8
2	59,23	0,15	0,078	0,01	11,76	1,08	0,18	0,07	1,2
3	55,47	-	0,040	0,01	9,87	7,02	0,53	0,10	0,8
4	55,57	0,27	0,042	0,01	9,46	2,58	2,89	0,80	5,8
5	51,95	-	0,028	0,01	13,07	9,35	0,28	0,04	0,8
6	61,12	0,17	0,090	0,01	9,14	2,07	0,20	0,15	0,9
7	58,90	0,11	0,090	0,01	11,91	3,34	1,10	0,30	2,4
8	57,80	0,11	0,050	0,01	9,80	3,50	0,30	0,20	1,0
9	54,80	0,15	0,070	0,01	12,40	5,10	0,20	0,10	0,6
10	54,69	0,24	0,060	0,05	11,20	3,90	0,25	0,20	0,9
11	56,37	0,24	0,060	0,05	9,97	2,12	0,23	0,27	1,2
12	54,16	0,48	0,087	0,30	7,00	6,05	2,96	0,04	5,0
13	55,03	0,05	0,106	0,39	8,90	1,94	1,82	0,63	5,3
14	58,30	0,08	0,035	0,06	7,60	3,80	1,50	0,20	2,5
15	55,48	0,06	0,040	0,05	7,25	4,68	1,10	0,12	2,3
16	53,15	-	0,035	0,03	10,05	6,70	1,20	0,45	3,0
17	62,10	1,25	0,035	-	4,45	2,26	2,02	2,82	5,0
18	59,00	1,50	0,030	0,06	5,50	3,40	2,60	2,10	4,3
19	55,00	1,00	0,060	0,02	4,00	2,50	0,50	0,90	2,8
20	46,00	0,42	0,050	0,28	17,40	6,90	7,80	1,60	7,0
21	46,49	0,02	0,020	0,36	13,50	4,80	0,70	0,36	1,6
22	34,41	1,18	0,048	0,064	6,54	1,94	1,39	9,76	8,0
23	55,68	0,25	0,028	0,045	10,20	3,20	3,97	0,76	5,2
24	48,14	0,28	0,100	0,02	14,12	6,50	8,96	1,12	8,5
25	48,10	1,86	0,045	-	8,55	1,35	1,62	17,07	28,0
26	53,30	0,65	0,850	0,02	9,40	3,55	2,20	0,44	5,0

Хімічний склад вапняків для розрахунку аглошихт

№	Найменування	Вміст елементу, %							
		Fe _{заг.}	Mn	P	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
1	Звичайний	0,14	0,01	0,140	-	0,55	0,15	54,85	0,50
2	Звичайний	0,12	0,01	0,090	-	0,97	0,14	54,60	0,54
3	Звичайний	0,19	0,04	-	-	2,00	0,09	53,50	0,70
4	Звичайний	0,43	-	0,060	0,16	0,80	0,18	54,56	0,72
5	Звичайний	0,13	-	0,016	0,01	1,89	0,42	54,40	0,68
6	Звичайний	0,17	-	0,017	0,02	2,08	0,35	54,00	0,70
7	Звичайний	2,00	-	0,028	0,02	0,83	0,48	53,98	0,49
8	Звичайний	1,55	-	0,015	0,05	2,32	0,90	47,10	4,00
9	Звичайний	0,31	-	0,030	0,02	1,45	0,55	50,95	1,05
10	Магнезіальний	0,43	-	0,060	0,16	0,80	0,18	54,56	5,65
11	Доломітизований	0,50	0,03	0,012	-	1,20	0,92	31,30	20,50
12	Доломітизований	0,20	-	0,010	-	0,89	0,20	37,00	15,50

Хімічний склад колошникового пилу для розрахунку аглошихт

№	Найменування	Вміст елементу, %									
		Fe _{заг.}	Mn	P	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	C _{нел.}	ППП
1	Українські заводи	52,70	2,34	0,057	0,108	10,00	2,50	2,20	1,10	6,80	0,75
2	Українські заводи	53,88	0,74	0,035	0,030	12,98	1,25	1,65	0,22	7,05	0,84
3	Українські заводи	45,09	0,07	0,074	0,052	9,68	3,23	13,09	2,28	7,45	0,82

Хімічний склад золи коксу для розрахунку аглошихт

№	Вміст елементу, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₃ O ₄	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
1	43,0	22,5	22,00	0,32	6,0	1,40	0,37	2,60
2	39,41	23,7	27,37	1,25	3,65	1,15	0,41	2,87
3	51,19	27,67	10,66	0,32	4,86	1,76	0,78	1,55
4	50,00	25,60	17,10	0,27	4,50	2,20	0,67	-
5	50,40	29,05	4,02	4,20	1,52	-	0,63	2,50
6	57,50	28,70	7,40	-	5,05	2,51	0,21	-

Технічний склад коксу для розрахунку аглошихт

№	Вміст елементу, %				
	Волога (W)	Зола (A)	Сірка (S)	Леткі (V)	Вуглець нелеткий (C _{нел.})
1	2,2	9,50	1,20	0,60	84,30
2	9,0	14,60	2,30	1,90	87,80
3	3,7	13,52	0,55	1,17	84,76
4	3,7	13,35	0,57	1,05	85,03
5	2,0	15,60	1,09	1,27	82,04
6	5,0	13,50	0,97	1,50	84,03



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

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА
ЗАПИСКА
до курсової роботи
«Підготовка металургійної сировини»
для студентів спеціальності 136 "Металургія"

ВИКОНАВ:

студент гр. _____
_____ Ім'я ПРІЗВИЩЕ
(підпис)

КЕРІВНИК:

доцент кафедри _____ Ім'я ПРІЗВИЩЕ
(підпис)

Оцінка за національною шкалою _____

Кількість балів: _____ Оцінка ECTS _____

Запоріжжя 20____



Навчально-методичне видання

**Максим Вікторович Ягольник
Максим Миколайович Бойко**

ПІДГОТОВКА МЕТАЛУРГІЙНОЇ СИРОВИНИ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції