

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Перший проректор – проректор з навчальної  
роботи ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Заступник голови Приймальної комісії



Наталія РЕКОВА

## **ПРОГРАМА ДОДАТКОВОГО ФАХОВОГО ІСПИТУ**

**для вступу на здобуття освіти на третьому  
(освітньо-науковому) рівні**

<b>галузь знань</b>	13 Механічна інженерія
<b>спеціальність</b>	136 Металургія
<b>освітньо-наукова програма</b>	Металургія

Програму розроблено робочою групою у складі:

№	ПІБ	Науковий ступінь, вчене звання, найменування посади
1.	Кухар Володимир Валентинович	доктор технічних наук, професор, професор кафедри металургії, матеріалознавства та організації виробництва
2.	Грудкіна Наталія Сергіївна	д-р техн. наук, доцент, завідувачка кафедри природничо-наукових та загальноінженерних дисциплін
3.	Семірягін Сергій Володимирович	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри металургії, матеріалознавства та організації виробництва
4.	Малій Христина Василівна	канд. техн. наук, доцент кафедри металургії, матеріалознавства та організації виробництва
5.	Стоянов Олександр Миколайович	канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри металургії, матеріалознавства та організації виробництва

Програма рекомендована до введення в дію на засіданні Приймальної комісії від 26.04.2024 р., протокол №2.

Проект програми фахового іспиту погоджено:

Відповідальний секретар  
приймальної комісії



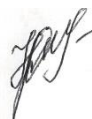
Вікторія ФЕДОРЕНКО

Проректор з науково-дослідної роботи



Володимир КУХАР

Бібліотекар



Юлія ГОРЧИНСЬКА

## Зміст

1. Загальні положення
2. Зміст програмних вимог щодо знань та навичок вступників.  
Література для підготовки
3. Структура екзаменаційного білета. Критерії оцінювання  
Додаток А. Перелік питань

Голова фахової комісії

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Програму складено відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України, закону України від 06 вересня 2014 р. «Про вищу освіту»; постанови Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261 «Про затвердження порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах)» зі змінами до наказу Міністерства освіти і науки України від 15.03.2023 р. № 276; «Статуту ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»; Положення про концепції освітньої діяльності, освітні програми, робочі програми та силабуси освітніх компонентів у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»; Положення про підготовку здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук в аспірантурі та докторантурі ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»; Порядку прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2024 році, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 06.03.2024 року №266; Правил прийому до ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» у 2024 році.

Метою додаткового вступного випробування зі спеціальності 136 Металургія для навчання на здобуття ступеня доктора філософії є визначення рівня та якості підготовки здобувачів, придатність та відповідність знань та вмінь необхідних для навчання в аспірантурі. Програма складена з урахуванням програми рівня вищої освіти магістра зі спеціальності 136 «Металургія».

## 2 ЗМІСТ ПРОГРАМНИХ ВИМОГ ЩОДО ЗНАТЬ ТА НАВИЧОК ВСТУПНИКІВ. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ПІДГОТОВКИ

### 2.1 Фізична хімія металургійних процесів

Основні положення і поняття атомно-молекулярної теорії. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Рівновага в системах. Термічна рівновага. Нульовий закон термодинаміки. Енергія, теплота і робота. Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз закону збереження енергії. Внутрішня енергія, ентальпія і теплоємність. Тепловий ефект хімічних перетворень. Закон Гесса. Залежність теплового ефекту від температури. Диференціальна і інтегральна форми рівняння Кіргофа. Закони газового стану. Реальні гази.

Експериментальні і розрахункові методи визначення теплоти утворення органічних і неорганічних речовин. Другий закон термодинаміки як основний постулат термодинаміки для опису асиметричних самочинних природніх процесів. Функція стану ентропія. Зміна ентропії в різних процесах.

Система залізо-кисень, залізо-вуглець. Особливості твердофазного окислення металів. Механізм окислення заліза. Особливості механізму відновлювання заліза газами оксидом вуглецю, воднем і вуглецем. Розрахунок функцій стану: ентропії, внутрішньої енергії, ентальпії, енергії Гемгольца та енергії Гібса. Робота і теплота хімічних процесів. Робота хімічної реакції, ізотерма хімічної реакції. Складні реакції. Специфічні параметри кінетичної системи: константа швидкості, кінетичний порядок, енергія активації. Шлакові розплави, їх структура та властивості. Сучасні уявлення про будову шлакових розплавів. Термодинаміка рафінування металевих розплавів. Процеси видалення домішок з рідкого металу. Сірка та фосфор в металургійних процесах. Теорія досконалих та регулярних іонних розчинів. Ланцюгові реакції з розгалуженням і без нього.

#### Література для підготовки:

1. Ray H. S., Ray S. Kinetics of metallurgical processes. Singapore : Springer, 2018. 480 p.
2. Shamsuddin M. Physical chemistry of metallurgical processes. 2nd Edition. Springer international publishing, 2021. 608 p.
3. Говорун Т. П., Гапонова О. П., Марченко С. В. Матеріалознавство та технологія матеріалів (у схемах і завданнях) : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2020. 163 с.

4. Каплаушенко А. Г., Самелюк Ю. Г., Фролова Ю. С. Фізична та колоїдна хімія. Хімічна термодинаміка. Основні поняття і терміни : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДМУ, 2021. 88 с.

5. Конончук С. В., Кропівний В. М., Скрипник О. В. Фізико-хімічні основи ливарного виробництва : навч. посіб. / за ред. В. М. Кропівного. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. 338 с.

6. Манідіна Є. А., Белоконь К. В., Матяшева О. Б. Хімія навколишнього та виробничого середовища : навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 96 с.

7. Племянніков М. М., Жданюк Н. В. Фізична хімія тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів : підручник. Київ : «Освіта України», 2022. 152 с.

8. Хімія «Від теорії до практики» : навчальний посібник (для студентів Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є. О. Патона) / О. О. Андрійко та ін. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 171 с.

## **2.2 Металургія**

Проблеми та перспективи розвитку металургії. Сутність і значення металургійного комплексу. Сучасні схеми металургійного виробництва. Загальна характеристика металургійної сировини та палива. Характеристика будови та властивостей металургійних розплавів. Молекулярна та іонна теорія будови шлаку. Методи розрахунку активності оксиду заліза в шлаку. Фізичні та хімічні властивості шлаку. Характеристика рідкого металу. Розчини елементів в рідкому залізі. Властивості та особливості будови рідкого металу. Розчин вуглецю, кремнію, марганцю, сірки, фосфору, кисню, азоту та водню у рідкому металі. Поверхневі явища в сталеплавильних процесах. Вільна поверхнева енергія. Змочування. Адгезія та когезія. Адсорбційні процеси. Сучасні фурми для вдування технологічних газів в сталеплавильні агрегати та варіанти дуттєвих режимів. Взаємодія газових струменів з залізобуглецевим розплавом. Структура кисневого струменя. Будова реакційної зони. Технологічні обставини служби вогнетривів в конвертерах. Механізм спрацьовування вогнетривів. Реакції сталеплавильних процесів. Процес окислення-відновлення марганцю, кремнію, фосфору. Розкислююча здатність марганцю. Механізм і термодинаміка процесу. Кінетика процесу. Процес десульфурзації сталі. Термодинаміка процесу. Механізм десульфурзації металу з точки зору молекулярної та іонної теорій будови шлаку. Ступінь десульфурзації металу. Термодинаміка і кінетика розкислення сталі. Мета розкислення. Дифузійне та осаджуюче розкислення.

Розкислення сталі марганцем, кремнієм, алюмінієм, кальцієм. Киснево-конверторний процес ККП з верхньою кисневою продувкою. Шихтовка плавки. Тепловий та матеріальний баланс ККП. Дуттєвий режим. Особливості ККП з донною та комбінованою (верхне-донною) продувкою. Технологія основного мартенівського процесу. Інтенсифікація мартенівської плавки киснем. Способи використання кисню для інтенсифікації. Теплотехнічні та технологічні особливості плавки в ДСПА та прямоочних агрегатах. Основи феросплавного виробництва. Класифікація феросплавів. Виробництво сталей в електродугових сталеплавильних печах. Технології позапічної обробки металу. Методи розливання сталі. Будова металевого зливка, процес його кристалізації та явища, пов'язані з кристалізацією. Поєднання процесів розливки і прокатки.

### **Література для підготовки:**

1. Bhagat R. P. Agglomeration of Iron Ores. Ed.: CRC Press, 2019. 438 p.
2. Iron Ores and Iron Oxide Materials. Ed.: V. Shatokha. Great Britain: IntechOpen, 2018. 280 p.
3. Sohn H. Y. Flash Ironmaking. 1st Edition. Boca Raton : CRC Press, 2023. 296 p.
4. Основи металургії: виробництво чавуну : підручник / О. М. Смірнов, Ю. П. Скоробагатько, А. Ю. Семенко, М. С. Горюк. Одеса : Олді+, 2023. 192 с.
5. Walker R. D. *Iron processing. Encyclopedia Britannica*. 2023. <https://www.britannica.com/technology/iron-processing>
6. Verdeja González J. I., Fernández González D., Verdeja González L. F. Operations and Basic Processes in Ironmaking. Cham : Springer International Publishing, 2020. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54606-9>
7. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія процесів (за фахом)» Частина I «Аглодоменне виробництво» для здобувачів вищої освіти першого (бакалавр) рівня за спеціальністю 136 Металургія за освітньо-професійною програмою «Металургія чорних металів». / Укл.: Полетаєв В.П., Похвалітий А.А. Кам'янське: ДДТУ, 2019. 40 с.
8. Robert A. Francis. An Introduction to the Metallurgy of Steel and Its Alloys. Ashburton, Victoria, Australia. Version 1.0. 2017. 182 p. URL: <https://mmsallaboutmetallurgy.com/2020/01/03/introduction-to-metallurgy-of-ferrous-alloys/>
9. Li Z., Davis C. Ironmaking and Steelmaking. MDPI, 2019. 464 p. URL: <https://doi.org/10.3390/books978-3-03921-330-6>

10. Cavaliere P. Clean Ironmaking and Steelmaking Processes – Efficient Technologies for Greenhouse Emissions Abatement. Cham, Switzerland: Springer, 2019, 596 p.

11. Сігарьов Є. М., Кащеев М. А., Крячко Г. Ю. Основи металургії чавуну і сталі: [навч. посібник]. Кам'янське: ДДТУ, 2022. 274 с.

12. Сігарьов Є. М., Полетаєв В. П., Похвалітий А. А. Позаагрегатна обробка розплавів: [навч. посібник]. Кам'янське: ДДТУ, 2021. 430 с.

13. Сігарьов Є. М., Чубіна О. А. Технології ресурсозбереження в металургії (Частина 1) : Навчальний посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2021. 248 с.

14. Сігарьов Є. М., Чубіна О. А. Технології ресурсозбереження в металургії (Частина 2) : Навчальний посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2022. 294 с.

15. Величко О. Г., Стоянов О. М., Бойченко Б. М., Нізяєв К. Г. Технології підвищення якості сталі : підручник. Дніпропетровськ: ФОР Середняк Т.К., 2016. 196 с.

16. Металургія сталі. Конвертерне виробництво / О.Г. Величко, Б.М. Бойченко, П.С. Харлашин [та ін.]. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2015. 434 с.

17. Навчальний посібник / В. П. Іващенко, А. М. Должанський, А. К. Тараканов та ін. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2016. 91 с.

18. Конвертерне виробництво сталі в прикладах і задачах: Навч. посібник / Укл.: О.Г. Величко, Б.М. Бойченко, Є.В. Синегін, Л.С. Молчанов, С.В. Журавльова. Дніпро: НМетАУ, 2018. 98 с.

19. Інноваційна технологія позапічної десульфурзації залізовуглецевих розплавів : монографія / Молчанов Л.С. та ін. Дніпро : Середняк Т.К., 2018. 122с.

### **2.3 Матеріалознавство**

Металевий зв'язок. Схема енергії взаємодії двох атомів в залежності від міжатомної відстані. Атомно-кристалічна будова металів. Пластична деформація і рекристалізація. Будова реальних металевих кристалів. Дефекти кристалічної будови, їх класифікація, характеристика. Формування структури металів при кристалізації. Механізм процесу кристалізації. Гомогенне і гетерогенне зародкоутворення. Модифікування. Механізм росту, параметри кристалізації. Ступінь переохолодження та його вплив на параметри кристалізації, коефіцієнт дифузії, зміну вільної енергії. Поліморфні перетворення. Поліморфізм заліза. Крива охолодження заліза. Термічний аналіз. Діаграма стану подвійної системи із необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах. Правило відрізка. Випадки поліморфних перетворень в даній системі. Евтектоїдне та перетиктоїдне перетворення. Використання правила відрізків при



кристалізації сплавів. Зв'язок діаграми стану із властивостями (закони Курнакова). Стабільна і метастабільна рівновага в системі залізо-вуглець. Схема кристалізації високовуглецевих сплавів. Діаграма стану потрібної системи з нерозчинністю компонентів у твердому стані. Загальна характеристика. Кристалізація потрібних сплавів. Рідкі та тверді розчини. Основні механічні характеристики. Міцність, пластичність.

### **Література для підготовки:**

1. Афтандіянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство. Олді-плюс, 2020. 612 с.
2. Матеріалознавство тугоплавких металів та сполук : навчальний посібник / Г. П. Кисла, П. І. Лобода, В. Є. Федорчук, М. О. Сисоєв. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 320 с.
3. Матеріалознавство та основи технології переробки природної сировини у непродовольчі товари : навчальний посібник / Г. Астапова, К. Астапова, Л. Саркісян, Г. Куделіна, Г. Зуєва. Видавництво: Центр навчальної літератури, 2019. 120 с.
4. Практикум з матеріалознавства / О. О. Котречко., О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько, Є. Г. Афтандіянц, С. В. Гнилокурченко. Гельветика, 2020. 500 с.
5. Матеріалознавство : навч. посіб. / В. І. Бузило, В. П. Сердюк, М. А. В. Яворський, О. А. Гайдай. Дніпро : НТУ «ДП», 2021. 243 с.
6. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : підручник / В. В. Холявко, І. А. Владимирський. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. 272 с.
7. Стандартизація, метрологія та контроль якості продукції: практикум / Укладачі: Ю. В. Яворський, М. В. Карпець. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 70 с.
8. Карпець М. В. Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур: лабораторний практикум (частина 2) : навч. посіб.; уклад.: М. В. Карпець, С. І. Сидоренко, А. П. Бурмак. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 113 с.
9. Волошко С. М. Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур: навч. посіб.; уклад. : Волошко С. М., Крутько О. А., Франчік Н. В., А. П. Бурмак. Київ: Видав-во КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 97 с.
10. Волошко С. М. Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур: лабораторний практикум (частина 1) : навч. посіб.; уклад.: С. М. Волошко, О. А. Крутько, Н. В. Франчік. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 80 с.

11. Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Технологія прокатного виробництва: Навчальний посібник. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017, 170 с.

12. Виготовлення біметалів з використанням ливарного процесу і лазерної обробки / Л. Ф. Головка, В. В. Романенко, М. С. Блощин, О. Д. Кагль, С. С. Салій, О. А. Савченко, І. В. Свічкарь. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського : Вид-во «Політехніка», 2022. 220 с.

### 3 СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

#### 3.1 Орієнтовна структура білету додаткового фахового іспиту

Фаховий іспит здійснюватиметься з використанням засобів дистанційної електронної комунікації на платформі Moodle Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». Перелік питань, який пропонується, систематизовано по різноманітним взаємозв'язаним сторонам діяльності фахівця та охоплює її теоретичні основи, а також питання застосування отриманих теоретичних знань для рішення практичних задач. Питання, які містяться в екзаменаційних білетах (див. Додаток А), покликані виявити знання з усіх видів діяльності майбутнього спеціаліста у рамках навчальних дисциплін, які вивчалися.

Білет додаткового фахового іспиту складається з трьох теоретичних питань (див. Додаток Б). За результатами перевірки відповідей виславляється у балах, причому максимально можливий бал: за розділом «Фізична хімія металургійних процесів» - 67 балів, за розділом «Металургія» - 67 балів, за розділом «Матеріалознавство» - 66 балів.

	Питання 1 («Фізична хімія металургійних процесів»)	Питання 2 («Металургія»)	Питання 3 («Матеріалознавство»)
Кількість завдань у білеті	1	1	1
Максимальна кількість балів за одне правильно виконане завдання	67	67	66
<b>Всього, балів</b>	<b>67</b>	<b>67</b>	<b>66</b>

#### 3.2 Критерії оцінювання відповідей

Абітурієнт повинен продемонструвати фундаментальні та професійно-орієнтовані уміння та знання, а також здатність вирішувати типові складні спеціалізовані професійні завдання.

При оцінці знань за основу слід брати повноту і правильність виконання завдань. При визначенні результату складання додаткового фахового іспиту, звертається увага на наступні характеристики відповіді абітурієнту:

- володіє теоретичним навчальним матеріалом для ґрунтовної відповіді на поставлені питання;
- глибоко і повно оволодів понятійним апаратом, вільно та аргументовано висловлює власні думки;

- володіє спеціальною мовою і використовує сучасну технологічну термінологію, цілісно, системно, у логічній послідовності дає відповідь на поставлені запитання;

- творчо використовує знання для розв'язання практичних завдань.

Позитивна оцінка виставляється, якщо сума отриманих балів знаходиться в діапазоні 100–200 балів. При оцінці менше 100 балів ухвалюється рішення про негативну оцінку («незадовільно»).

Критерії оцінювання кожного з питань наведено в таблиці.

Кількість балів	Критерій, за яким виставляється зазначена кількість балів
67(66*)	Відповідь надано бездоганно, у повному обсязі.
57-66(65*)	Відповіді на питання дані в повному об'ємі, але з незначними неточностями. Відповідь логічно побудована і структурована. При відповіді на питання чітко та ясно надані відповіді з використанням відповідної термінології та символіки в необхідній логічній послідовності. Приведені необхідні розрахунки і креслення (допускаються незначні неточності). При необхідності вказані вимоги нормативних документів.
46-56	Відповіді на питання викладені методично вірно. При відповіді на питання виявлений високий рівень знань, однак допущено невеликі неточності та помилки, або відповідь в незначному обсязі не є повною. Графічна частина виконана грамотно. Прийняті практичні рішення принципівих заперечень не викликають, але їх обґрунтування недостатньо аргументовані, у більшості випадків вказані вимоги нормативних документів.
36-45	При відповіді на питання виявлено базовий рівень знань стосовно питання. Відповіді на поставлені питання в принципі правильні, але не повні. Окремі з них не мають аргументів. Не зроблені узагальнюючі висновки.
26-35	Відповіді мають поверховий характер. Присутні помилки у відповідях. Наданий ілюстративний матеріал неточний. При виконанні розрахунків мають місце суттєві неточності та грубі помилки.
15-25	Відповіді мають поверховий характер. Присутні грубі помилки у відповідях. Ілюстративний матеріал неповний.
1-14	Відповіді демонструють одиночні вибіркові знання стосовно теми питання.
0	Надана невірна відповідь або відповідь відсутня.

\*Для Питання 3 (з розділу «Матеріалознавство»)

## ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ

1. Приведіть і опишіть рівняння ізотерми Вант-Гоффа.
2. Застосування другого закону термодинаміки.
3. Принцип Ле Шательє. Рівняння ізохори і й ізобари Вант-Гоффа.
4. Опишіть закономірності відновлення оксидів заліза за допомогою оксиду вуглецю і водню.
5. Закономірності процесів рафінування металу в окисних і відновлювальних умовах.
6. Теоретичні основи процесів розкислення сталі.
7. Методи розкислення сталі, особливості, переваги і недоліки.
8. Комбіновані способи позапічної обробки сталі, схеми і обладнання.
9. Критерій Рейнольдса, величини, що його складають, їхні розмірності.
10. Що таке ліквіація елементів металу у зливку?
11. Наведіть зведення про способи використання кисню для інтенсифікації плавки у подових агрегатах.
12. Наведіть схему масообміну марганцю між металом і шлаком, напишіть рівняння відповідної хімічної реакції і константу рівноваги, які етапи переносу можуть бути лімітуючою ланкою процесу.
13. Нарисуйте схему надходження кисню з газової фази до металу, напишіть рівняння відповідної хімічної реакції.
14. Напишіть вираз для теплообміну випромінюванням, назви складових виразу, їхні одиниці вимірювання.
15. Напишіть у загальному вигляді залежність між числами (критеріями) теплопереносу вимушеною конвенцією, вирази для кожного з чисел, назви складових виразів, їхні одиниці вимірювання.
16. Приведіть схему барботажу газу крізь металеву ванну, вкажіть напрям, швидкість потоків газу і металу
17. Нарисуйте сопло Лавалля надайте його основні характеристики й вкажіть для чого воно застосовується.
18. МБЛЗ класифікуються по наступним ознакам (перечисліть) МБЛЗ класифікуються по наступним ознакам (перечисліть).
19. Реологічні властивості сталеплавильного шлаку.
20. Приведіть загальну схему ливарно-прокатного модуля, вкажіть особливості технології розливки металу в порівнянні з МБЛЗ.

## ЗРАЗОК ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА

№	Запитання	Максимальна кількість балів
1	Залежність теплового ефекту від температури.	67
2	Взаємодія газових струменів з залізовуглецевим розплавом.	67
3	Будова реальних металевих кристалів.	66