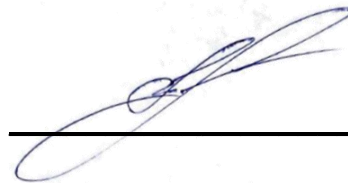


ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»,
Голова приймальної комісії



Олександр ПОВАЖНИЙ

ПРОГРАМА ФАХОВОГО ІСПИТУ

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

галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальність	G10 Металургія
освітньо-наукова програма	Металургія

Програму розроблено робочою групою у складі:

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

Програма рекомендована до введення в дію на засіданні Приймальної комісії від 27.03.2025 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. Зразок екзаменаційного білета

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Програма складена відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України, закону України від 06 вересня 2014 р. «Про вищу освіту», постанови КМ 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 та наказу Міністерства освіти і науки України від 15.10.2020 р. № 1285 «Умови прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2021 році», Наказ МОНУ «Про затвердження Порядку прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2025 році» від 10.02.2025 р. № 168, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 26.02.2025 р. за N 15/41360; Положення про підготовку здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук в аспірантурі та докторантурі ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Правил прийому до аспірантури ТОВ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» в 2025 р.

Метою вступних випробувань зі спеціальності G10 “Металургія” для навчання на здобуття ступеня доктора філософії є визначення рівня теоретичних знань та практичних навичок самостійної роботи для розв’язання конкретних інноваційних завдань у галузі знань механічної інженерії. Програма складена з урахуванням програми рівня вищої освіти магістра зі спеціальності G10 “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. 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. 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. Shamsuddin M. Physical chemistry of metallurgical processes. 2nd Edition. Springer international publishing, 2021. 608 p.
2. Ray H. S., Ray S. Kinetics of metallurgical processes. Singapore : Springer, 2018. 480 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.

9. Журавльова С.В., Стоянов О.М., Нізяєв К.Г., Малій Х.В., Синегін Є.В., Мамешин В.С. Технології позапічної десульфурзації сталі: Монографія. Дніпро: Середняк Т.К., 2024. 150 с.

2.2 Аглодоменне виробництво

Сировинні матеріали. Класифікація сировини і її значення в збагаченні корисних копалин. Типи класифікаторів. Суть процесів збагачення, апаратурне оформлення, принцип дії. Підготовка руди до плавки. Класифікація залізних і марганцевих руд.

Виробництво агломерату. Загальна схема агломераційного процесу. Фізико-хімічні основи процесу агломераційного спікання в шарі. Реологічні властивості агломерату. Конструкції агломераційних машин. Технологічна схема агломераційної фабрики.

Виробництво окатишів. Одержання сирих окатишів. Фізико-хімічні процеси, при випалі окатишів. Обладнання фабрик огрудкування, пристрої для огрудкування шихти, будова машин для випалу окатишів. Обладнання для обпалу окатишів.

Обладнання для підготовки шихтових матеріалів до плавки. Процес коксування вугілля. Паливо доменної плавки. Види палива, що застосовується в доменній плавці. Вимоги до доменного палива. Кокс як основний вид палива доменного процесу. Функції коксу в доменному процесі. Вимоги до якості коксу. Процеси брикетування.

Фізико-хімічні процеси в доменній печі. Термодинамічні умови відновлення заліза оксидом вуглецю і воднем. Термодинаміка і кінетика реакції взаємодії вуглецю коксу з вуглекислотою і водяною парою. Механізм прямого відновлення заліза вуглецем коксу з твердої фази та із залізистого шлаку. Пряме і непряме відновлення заліза основні характеристики процесів. Механізм і кінетика відновлення заліза газами. Відновлення марганцю, кремнію, фосфору в доменній печі. Плавлення чавуну в доменній печі. Навуглецювання рідкого чавуну. Перехід в чавун інших домішок: марганцю, фосфору, кремнію, сірки. Послідовність етапів шлакоутворення в доменній печі. Склад і властивості первинних шлаків, їх відносна кількість.

Рух шихти в доменній печі. Рух газів в доменній печі. Газопроникність насипної маси в шарі, методи її контролю. Закономірності теплообміну між матеріалами і газами в протитечієвих теплообмінниках. Теплообмін між потоками шихти і газу в доменній печі. Зміна температур шихти і газу по висоті і діаметру печі.

Методи інтенсифікації доменного процесу. Позадоменне отримання заліза. Технології попереднього відновлення залізородних матеріалів. Воднева металургія. Техніко-економічні показники доменного процесу. Автоматизація управління доменною плавкою. Обладнання і планування доменних цехів. Бездоменна металургія і її перспективи.

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. Скоробагатко, 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. Іващенко В. П., Величко О. Г., Терещенко В. С., Чеченєв В. А. Безкоксова металургія заліза. Підручник. Дніпропетровськ: "Дніпро-ВАЛ", 2003. 338 с.
8. 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.
9. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: Навч. посібник / А.М. Верховлюк, А.В. Нарівський, В.Г. Могилатенко / За ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. К.: Видавничий дім "Вініченко", 2016. 224 с.
10. 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/>

11. Смірнов О. М., Скоробагатько Ю. П., Семенко А. Ю., Горюк М. С. Основи металургії: виробництво чавуну : підручник. Одеса : Олді+, 2023. 192 с.

2.3 Сталеплавильне виробництво

Сучасні способи масового виробництва сталі і їх характеристика. План сталеплавильного цеху і основні вантажопотоки, конструкції головних технологічних агрегатів. Класифікація сталеплавильних процесів, їх переваги і недоліки. Теоретичні основи сталеплавильних процесів. Окислювальні і відновні процеси при виплавці сталі. Джерела шлаку і його роль в процесах. Виробництво сталі в конвертерах з верхнім, донним і комбінованим продуванням. Особливості конструкції дуттєвих пристроїв; застосовувані гази й рідини як захисні засоби; параметри дуттєвих пристроїв, їхня кількість і схеми розташування в конвертері. Дуттєвий режим: технологічні, термодинамічні і кінетичні особливості донної, верхньої і комбінованої кисневої продувки, вплив на гідродинаміку ванни, процес шлакоутворення. Можливості процесу по переробці чавунів різного хімічного складу й виплавки сталі. Шихтові матеріали і вимоги, що ставляться до них. Порядок проведення технологічних операцій конвертерного процесу. Роль футеровки. Вогнетриви сталеплавильного виробництва.

Теорія і технологія розкислювання сталей. Гази в сталі і їх вплив на властивості сталі. Джерела газів. Поведінка газів по ходу плавки в сталеплавильних агрегатах. Процеси позапічної обробки сталі. Задачі, які вирішуються при позапічній обробці сталі. Існуючі способи обробки металу у ковші, їхня класифікація. Методи відділення шлаків від металу при випуску з конвертера. Особливості обробки сталі вакуумом (конструкція агрегатів, технології, результати обробки). Обробка сталі інертними газами. Вдування порошкоподібних реагентів в метал. Використання порошкового дроту. Обробка металу шлаками і шлаковими сумішами. Нагрівання металу в ковші. Комплексне позаагрегатне рафінування чавуну і сталі.

Розливка сталей. Завдання, що вирішуються при розливанні сталей. Способи розливання, недоліки і переваги. Обладнання для розливки сталей. Безперервний розлив, типи МНЛЗ. Кристалізація сталевих злитків. Фізична і хімічна неоднорідність. Будова злитка спокійної і напівспокійної, киплячої сталі. Основні дефекти злитка. Методи підвищення виходу придатного і поліпшення поверхні злитка, Порівняння техніко-економічних показників безперервного і звичайного розливу. Особливості технології безперервного розливання сталі. Класифікація способів зовнішніх впливів на метал, що кристалізується. Оптимізація умов формування безперервно - литих злитків. Особливості роботи ливарно-прокатних модулів.

Виробництво сталі в агрегатах подового типу. Процеси в двох агрегатах. Виплавка сталі в індукційних і дугових печах.

Безперервні сталеплавильні агрегати, їх перспективність. Спеціальні процеси електроплавлення: виплавка сталі у вакуумних дугових і індукційних печах, виплавка сталі методом електрошлакового переплаву, виплавка сталей в плазмено-дугових і електронно-променевих печах. Управління тепловими технологічними процесами, системи автоматизації і контролю. Методи інтенсифікації різних сталеплавильних процесів. Техніко-економічні показники різних сталеплавильних процесів.

Література для підготовки:

1. Li Z., Davis C. Ironmaking and Steelmaking. MDPI, 2019. 464 p. URL: <https://doi.org/10.3390/books978-3-03921-330-6>
2. Cavaliere P. Clean Ironmaking and Steelmaking Processes – Efficient Technologies for Greenhouse Emissions Abatement. Cham, Switzerland: Springer, 2019, 596 p.
3. 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/>
4. Сігарьов Є. М., Кащеев М. А., Крячко Г. Ю. Основи металургії чавуну і сталі: [навч. посібник]. Кам'янське: ДДТУ, 2022. 274 с.
5. Сігарьов Є. М., Полетаєв В. П., Похвалітий А. А. Позаагрегатна обробка розплавів: [навч. посібник]. Кам'янське: ДДТУ, 2021. 430 с.
6. Сігарьов Є. М., Чубіна О. А. Технології ресурсозбереження в металургії (Частина 1) : Навчальний посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2021. 248 с.
7. Сігарьов Є. М., Чубіна О. А. Технології ресурсозбереження в металургії (Частина 2) : Навчальний посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2022. 294 с.
8. Величко О. Г., Стоянов О. М., Бойченко Б. М., Нізяєв К. Г. Технології підвищення якості сталі : підручник. Дніпропетровськ: ФОП Середняк Т.К., 2016. 196 с.
9. Металургія сталі. Конвертерне виробництво / О.Г. Величко, Б.М. Бойченко, П.С. Харлашин [та ін.]. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2015. 434 с.
10. Навчальний посібник / В. П. Іващенко, А. М. Должанський, А. К. Тараканов та ін. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2016. 91 с.
11. 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
12. Журавльова С.В., Стоянов О.М., Нізяєв К.Г., Малій Х.В., Синегін Є.В., Мамешин В.С. Технології позапічної десульфурзації сталі: Монографія. Дніпро: Середняк Т.К., 2024. 150 с.

2.4 Прокатне виробництво

Пластичні властивості металу при прокатці. Вплив дефектів злитка і домішок на деформованість металу при прокатці. Основні агрегати, прокатного виробництва. Методи отримання, властивості і області застосування біметалів прокаткою. Кінематика осередку деформації для простого випадку процесу плоскої прокатки. Залежності для визначення положення нейтрального перерізу. Явища випередження та відставання, їх врахування. Поняття «константа прокатування» та її використання для визначення параметрів. Розподілення деформації по проходах при прокатці листа та розрахунок числа проходів. Визначення «катаючого» діаметру валків при прокатуванні у фасонних калібрах. Поняття «нейтральна лінія калібру» та методика визначення її положення. Поняття «тиск валків» та його використання для визначення розмірів валків та побудови монтажною схеми валків. Поняття «швидкість деформування» та «швидкість прокатування», їх різниця та залежності для визначення. Умови захвату металу валками та сталого процесу прокатування. Фактори, які впливають на опір металу деформуванню при гарячому прокатуванні. Фактори, які впливають на опір металу деформуванню при холодному прокатуванні. Методи моделювання процесів прокатки. Експериментальне визначення енергосилових параметрів прокатки.

Література для підготовки:

1. Ginzburg V. B. Metallurgical Design of Flat Rolled Steels. CRC Press, 2019. 744 p.
2. Основи калібровки прокатних валків: Навчальний посібник / О. П. Максименко, М. М. Штода, О. В. Нікулін. Кам'янське: ДДТУ, 2023. 156 с.
3. Кухар В. В., О. С. Аніщенко, А. Г. Присяжний. Основи експериментальних методів дослідження процесів обробки металів тиском : навчальний посібник. Маріуполь : ПДТУ, 2019. 234 с.
4. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : підручник / В. В. Холявко, І. А. Владимирський. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. 272 с.
5. Кулік Т. О. Виробництво листового металопрокату з використанням режимів теплового деформування. Перспективи розвитку, розширення сфери використання та вдосконалення технологій і обладнання : монографія. Краматорськ : ДДМА, 2020. 128 с.
6. Удосконалення процесу правки гарячекатаних листів і листопрямуючих машин для його реалізації / Е. П. Грибков, Є. Ю. Гаврильченко, Ю. К. Доброносів. Запоріжжя : ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка», 2023. 194 с.
7. Технологія прокатного виробництва: Навчальний посібник / Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017. 170 с.

3 СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

3.1 Орієнтовна структура білету 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, покликані виявити знання з усіх видів діяльності майбутнього спеціаліста у рамках навчальних дисциплін, які вивчалися. Білет фахового іспиту складається з чотирьох запитань (див. Додаток).

3.2 Критерії оцінювання відповідей

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

Кількість балів, яку може отримати вступник за виконання фахового вступного випробування, розраховується на підставі таблиці.

Кожний білет складається з чотирьох питань, повні відповіді на них оцінюються 200 балами (максимальна оцінка).

Мінімальний прохідний бал – 100 балів (за умови відповіді на всі чотири запитання, при чому на кожне запитання повинно бути дано відповідь, яку оцінено у мінімум 25 балів).

	Питання
Кількість завдань у білеті	4
Максимальна кількість балів за одне правильно виконане завдання	50
Всього, балів	200

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

Відповіді на питання повинні супроводжуватися логічним викладенням матеріалу, в т.ч. необхідними формулами для розрахунку і чисельними значеннями, які підставляються в ці формули.

Критерії оцінювання кожного з питань наведено в таблиці

Кількість балів	Критерій, за яким виставляється зазначена кількість балів
50	Відповідь надано бездоганно, у повному обсязі.
43-49	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.
35-42	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 принципових заперечень не викликають, але їх обґрунтування недостатньо аргументовані, у більшості випадків вказані вимоги нормативних документів.
27-34	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.
19-26	Відповіді мають поверховий характер. Присутні помилки у відповідях. Наданий ілюстративний матеріал неточний. При виконанні розрахунків мають місце суттєві неточності та грубі помилки.
11-18	Відповіді мають поверховий характер. Присутні грубі помилки у відповідях. Ілюстративний матеріал неповний.
1-10	Відповіді демонструють одиночні вибіркові знання стосовно теми питання.
0	Надана невірна відповідь або відповідь відсутня.

ЗРАЗОК ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА

№	Запитання	Максимальна кількість балів
1	Внутрішня енергія, ентальпія і теплоємність	50
2	Фізико-хімічні процеси, при випалі окатишів.	50
3	Порядок проведення технологічних операцій конвертерного процесу.	50
4	Фактори, які впливають на опір метала деформуванню при холодному прокатуванні.	50