

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донбасский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства

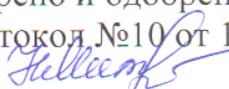
Кафедра металлургических технологий

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

по образовательной программе высшего образования – программе
подготовки научных кадров высшей квалификации в аспирантуре

- 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия
(код и группа научной специальности)
2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов
(шифр научной специальности)

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры
МТ, протокол №10 от 18.04.2025

 Н.Г. Митичкина

Одобрено Ученым советом факультета ГМПС,
протокол №11 от 22.04.2025

 О.В. Князьков



Алчевск, 2025

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по научной специальности 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Предназначена для подготовки к вступительному экзамену в аспирантуру по научной специальности 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к обучению по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в соответствии с федеральными государственными требованиями (приказ министерства науки высшего образования от 20.10.2021 г. № 951), выполнению профессиональных задач в сфере научной деятельности.

Металлургия черных, цветных и редких металлов – специальность, занимающаяся теоретической и практической разработкой методов оценки качества и улучшения свойств сырья для производства черных, цветных и редких металлов, технологий и конструкций агрегатов подготовки рудных, топливных и иных, необходимых для получения металлов и их сплавов, материалов, теоретическими основами получения металлов и сплавов в различных агрегатах на основе изучения закономерностей твердого и жидкого состояния металлических, оксидных, сульфидных систем, массо- и теплопереноса, твердофазных процессов, расплавления и кристаллизации расплавов, горения топлива, процессов формирования попутной продукции, отличающаяся тем, что основным ее объектом являются природное и техногенное сырье, процессы и агрегаты для производства металлов и сплавов, а основным содержанием – исследование и разработка технологий получения металлов и сплавов, повышения их качества, комплексное извлечение попутных элементов, мероприятия по энерго- и ресурсосбережению, подавление вредных воздействий на окружающую среду, разработка математических моделей металлургических процессов с прогнозированием конечных результатов. Значение решения научно-технических проблем данной специальности для народного хозяйства состоит в разработке новых подходов и создании новых принципов и методов промышленного производства, позволяющих получать металлы и сплавы повышенного качества, существенно снизить расход материальных и энергетических ресурсов, заметно снизить давление на окружающую среду за счет уменьшения выбросов в атмосферу и водоемы и снижения выхода и степени токсичности производственных отходов.

Форма проведения вступительного испытания

Вступительные испытания по специальной дисциплине в аспирантуру проводятся в форме устного собеседования по темам, перечень которых доводится до сведения поступающих путем опубликования программы вступительных испытаний на официальном сайте университета.

Требования к процедуре вступительного экзамена

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации опре-

делены Правилами приема поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Содержание программы базируется на следующих дисциплинах: физическая химия; физико-химия металлургических систем и процессов; метрология, стандартизация и сертификация; металлургическая теплотехника; методы контроля свойств металлургического сырья; технология и оборудование аглодоменного производства; технология выплавки стали; конструкции и оборудование сталеплавильного производства; автоматизация металлургических процессов.

2 Содержание программы

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы наук и технологий в рамках научной специальности 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов». Так же содержит список рекомендуемой литературы.

2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Физическая химия.

Связь химии с черной металлургией, железо, углерод, газы в черной металлургии. Молекулярно-кинетическая теория и главные законы термодинамики и термохимии. Химическое и фазовое равновесие, растворы. Оксидные расплавы и их термодинамические характеристики. Связь между энергией Гиббса и константой равновесия реакции. Методы определения константы равновесия и активности оксида железа в шлаке. Химическое сродство компонентов. Растворы углерода, кремния, марганца, никеля, хрома, кобальта и молибдена в жидком железе. Растворы серы, фосфора, кислорода, водорода и азота в расплавленном железе и его сплавах. Скорость химических реакций.

Физико-химия металлургических систем и процессов.

Молекулярно-кинетическая теория агрегатного состояния веществ. Основные законы термодинамики и термохимии. Химическая кинетика. Химическое и фазовое равновесие. Скорость и порядок химических реакций. Растворы. Поверхностные явления и адсорбция. Основы коллоидной химии. Электрохимия. Химические соединения, входящие в состав шлака. Химический состав огнеупоров. Химический состав доменной шихты. Разложение материалов и процесс восстановления в доменной печи. Доменный шлак и десульфурации чугуна. Химические процессы в горне печи. Химический состав доменной шихты. Разложение плавильных материалов и процесс восстановления в доменной печи. Основные нарушения технологического процесса. Технологические и технико-экономические расчеты основных параметров доменной плавки, основного и вспомогательного оборудования доменной печи. Отсортровка продукции по выявленным дефектам.

Связь химии с черной металлургией, железо, углерод, газы в черной металлургии. Сера и фосфор - вредные примеси в стали. Легирующие элементы. Химический состав шлака и огнеупорных материалов. Химические соединения, входящие в состав шлака. Химический состав огнеупоров. Примеси металлического лома в стали. Химический состав топлива. Свойства пыли и шламов при

производстве стали. Молекулярно-кинетическая теория агрегатного состояния веществ. Основные законы термодинамики и термохимии. Химическая кинетика. Химическое и фазовое равновесие. Скорость и порядок химических реакций. Растворы. Поверхностные явления и адсорбция. Основы коллоидной химии. Электрохимия.

Метрология, стандартизация и сертификация.

Основы метрологии и обеспечение единства измерений. Выбор основных средств измерений. Погрешности измерений и статистические методы контроля качества, метрология и методы измерений. Качество продукции. Основы и понятия. Контроль качества. Виды контроля. Оценка уровня качества. Сертификация продукции. Основные требования к оформлению технологической документации. Систематизация и классификация. Государственная система стандартизации. Категории и виды стандартов. Методы стандартизации. Комплексная и опережающая стандартизация. Унификация.

Металлургическая теплотехника.

Топливо и основы механики печных газов. Общая характеристика топлива, расчеты его горения. Конвекция, тепло- и массоперенос, теплообмен излучением, нагрев и плавление металла. Основы тепломассообмена в металлургических агрегатах. Общая характеристика процессов теплообмена. Теплопроводность стационарная и нестационарная. Конвекционный теплообмен. Теплообмен излучением, округление коэффициентов теплоотдачи. Окисление и обезуглероживание металла. Основы рациональной технологии нагрева. Режимы работы. Металлургические агрегатах, материалы и строительные элементы печей, сбережение тепла в металлургических агрегатах. Теплотехнические основы утилизации тепла отходящих газов. Рекуперативные и регенеративные теплообменники. Котлы-утилизаторы. Охлаждение агрегатов. Очистка дымовых газов. Классификация, общая характеристика тепловой работы агрегатов. Основы механики газов. Статика газов. Динамика газов (законы и режимы движения газов в агрегатах). Основы теории горения и конструкции топливосжигающих приборов. Учет горения топлива. Классификация и характеристика огнестойких материалов: свойства, область применения. Теплоизоляционные и строительные материалы. Кладка и строительные элементы печей.

Методы контроля свойств металлургического сырья.

Теоретические основы аналитической химии. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. Физико-химический и физический методы анализа. Химический анализ сырья и готовой продукции. Аттестация стали по результатам химического анализа и технологии выплавки. Основы техники измерения и средства контроля технологических процессов. Электрические измерения. Государственные системы обеспечения единства измерений и приборов контроля. Методы определения технологической ценности металлургических отходов.

Технология выплавки стали.

Этапы развития сталеплавильного производства. Классификация стали и способов ее производства. Технологические схемы современного сталеплавильного производства. Технично-экономические показатели и экологические

проблемы сталеплавильного производства. Материалы сталеплавильного производства. Металлическая часть шихты. Неметаллические материалы. Кислородно-конвертерный процесс. Конструкция и расчеты конвертеров. Планирование кислородно-конвертерных цехов. Работа в кислородно-конвертерном цехе. Производство стали в электропечах. Электросталеплавление. Значение электросталеплавильных процессов. Оборудование и футеровка электросталеплавильных печей. Непрерывные сталеплавильные процессы. Многоступенчатые и потоковые процессы. Агрегаты желобного типа. Внепечное рафинирование стали. Разливка в изложницы. Непрерывная разливка стали. Структура и качество литой стали. Источники сталеплавильного шлака. Роль шлака. Строение и состав шлаков. Шлакообразование. Химические свойства шлаков. Физические свойства шлаков. Методы контроля состава и свойств шлака. Дефосфорация стали. Десульфурация стали. Кислород в стали и ее раскисление. Неметаллические включения в готовом металле. Растворение газов в металле и шлаке. Азот в стали. Водород в стали. Дегазация металла. Виды и свойства побочных продуктов металлургического производства. Рециклинг металлургических отходов.

Технология и оборудование аглодоменного производства.

Руды и флюсы черной металлургии, основы предварительной подготовки руд и флюсов, основы производства кокса, методы окомкования, технология подготовки шихты к спеканию, теплотехника агломерации, физико-химические процессы при агломерации, вопросы технологии агломерации, производство железорудных окатышей, теория укрепления окатышей, контроль и оценка качества окатышевых сырьевых материалов. Топливо, сырьевые материалы и подготовка их к доменной плавке. Распределение и движение шихты и газов в доменной печи. Восстановительные процессы и образование чугуна и шлака в доменной печи. Теплообмен в доменной печи. Процессы, идущие в доменной печи при умеренных температурах. Разложение плавильных материалов в доменной печи. Процессы восстановления в доменной печи. Восстановление железа, кремния и марганца. Шлакообразование в доменной печи. Десульфурация чугуна в доменной печи. Конструкция доменной печи и технологического оборудования. Нагрев, подача дутья и очистка колошниковога газа. Уборка чугуна и шлака. Технология доменной плавки. Задувка доменной печи и управление ее ходом. Обслуживание доменной печи. Ремонт и выдувка доменной печи. Сравнение различных технологий производства чугуна в зависимости от смежных металлургических производств. Технологические операции процесса производства чугуна, выбор наиболее целесообразной технологии производства чугуна для конкретных производственных условий, выявление нарушений технологического процесса, меры по повышению качества продукции, технологические и технико-экономические расчеты доменной плавки, основного и вспомогательного оборудования доменной печи. Подготовка чугунных и шлаковых желобов, отверстия для выпуска жидких продуктов плавки, оборудования для открытия и закрытия чугунной летки. Управление оборудованием для открытия и закрытия леток, перекидным и качающимся желобами при проведении выпуска жидких продуктов плавки. Ремонт футеровки чугунной и шлаковой леток, замена воздушной и шлаковой фурм. Расчеты конструктивных параметров оборудования,

выполнение чертежей деталей и сборочных единиц. Оценка хода технологического процесса, выявление нарушений и их устранение. Оценка технического состояния оборудования и выявление резервов его использования. Качество сырья и топлива и их влияние на качество чугуна.

Конструкции и оборудование сталеплавильного производств.

Подъемно-транспортное оборудование сталеплавильных цехов. Детали подъемно-транспортных машин. Простые грузоподъемные машины. Крановое оборудование и машины непрерывного транспорта. Машины и агрегаты для переработки металлургического легковесного и крупногабаритного лома. Машины и агрегаты для переработки стружки. Прессы для пакетирования. Ножницы и агрегаты для обработки крупногабаритного лома. Оборудование миксерного отделения и отделения переливания чугуна. Конструкция стационарного миксера, оборудование для скачивания шлака и взвешивания чугуна. Машины, агрегаты и установки кислородно-конвертерных цехов. Привод конвертеров. Машины для загрузки шихтовых материалов в конвертер. Конструкция кислородных конвертеров и механизмов их поворота. Машины для подачи кислорода в конвертер. Машины для замера температуры и отбора проб в конвертере. Машины для уборки продуктов плавки. Машины для ремонта конвертеров и ковшей. Оборудование для очистки конвертерных газов. Машины и агрегаты разливочных отделений. Машины внепечной обработки стали. Оборудование для разливки стали в изложницы. Машины для непрерывной разливки.

Автоматизация металлургических процессов.

Измерение компонентов металлургических процессов. Автоматические системы регулирования. Автоматическое управление процессом плавки. Измерение компонентов процесса. Автоматические системы регулирования. Автоматическое управление процессом плавки. Основы регулирования технологических процессов. Измерение температуры. Полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы. Вычислительная техника в управлении технологическими процессами. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Микропроцессорные системы. Автоматизация агломерационного, доменного, кислородно-конвертерного производства, непрерывной разливки стали.

3. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру на научную специальность 2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данной научной специальности производится по пятибалльной системе и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Оценка	Критерии
отлично	<ol style="list-style-type: none">1 Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.2 Демонстрируются глубокие знания по дисциплине.3 Делаются обоснованные выводы.4 Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
хорошо	<ol style="list-style-type: none">1 Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно.2 Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.3 Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.4 Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
удовлетворительно	<ol style="list-style-type: none">1 Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.2 Демонстрируются поверхностные знания дисциплины.3 Имеются затруднения с выводами.4 Определения и понятия даны не чётко.
неудовлетворительно	<ol style="list-style-type: none">1 Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине.2 Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.3 Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

Невыполнение одного из заданий (или отказ от его выполнения) является, как правило, основанием для выставления неудовлетворительной оценки за вступительный экзамен в целом.

Поступающий должен ответить не менее, чем на «удовлетворительно», чтобы принять участие в конкурсе при поступлении в аспирантуру ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

4 Список рекомендуемой литературы

1. Родзевич А.П. Физико-химические основы металлургических процессов: учебное пособие / А.П. Родзевич; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010 – 298 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://portal.tpu.ru/SHARED/n/NIMEZ/educationalwork/Tab1/FXOMP.pdf>
2. Поволоцкий Д.Я. Физико-химические основы процессов производства стали: Компьютерная версия учебного пособия для вузов. – 2-е изд., перер. – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. – 183 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000360211&dtype=F&etype=.pdf
3. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т.2. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов. Учебник для вузов / А.И. Целиков [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988.
4. Максимов Ю.Н. Математическое моделирование металлургических процессов.- М., «Металлургия», 1982.
5. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента.- М., «Мир», 1972.
6. Цымбал В.П. Математическое моделирование металлургических процессов.- М., «Металлургия», 1986.
7. Михайлов А.М. Литейное производство. М.: Машиностроение, – 1987.
8. Теплоэнергетика металлургических заводов. Учебник для вузов. / Розенгарт Ю.И. [и др.] - М.: Металлургия, 1985 — 303 с.
9. Яковлев Ю.Н. и др. Основы научных исследований в черной металлургии. – К., Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1985. – 205 с.
10. Металлургическая теплотехника. Т1. Теоретические основы / Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Мاستрюков Б.С. и др. М.: Металлургия, 1986. – 426с.
11. В.А. Кривандин, Ю.П. Филимонов. Теория, конструкции и расчёты металлургических печей. Т1. Теория и конструкция металлургических печей. М.: Металлургия, 1986. – 479с.
12. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов. – М. Металлургия, 1988.
13. Рыжонков Д. И., Падерин С. Н., Серов Г. В., Жидкова Л. К. Расчеты металлургических процессов на ЭВМ. - М , Металлургия, 1988.
14. Шурхал В.Я. и др. Физикохимия металлургических систем и процессов. - Киев. Высшая школа, 2000.
15. Владимиров Л. П. Термодинамические расчеты равновесия металлургических реакций. - М., Металлургия, 1970.
16. Дорофеев В.Н. «Конструкция и проектирование доменных печей», Киев, УМК ВО,1991.

17. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Металлургия чугуна К., "Вища школа", 1988 – 351 с.
18. Механическое оборудование металлургических заводов. Механическое оборудование фабрик окускования и доменных цехов./ Гребеник В.М., Сторожик Д.А., Демьянец Л.А. и др. - К.: Вища школа, 1985. - 312 с.
19. Плискановский С.Т. и Полтавец В.В. «Оборудование и эксплуатация доменных печей», Днепропетровск, Пороги, 2004.
20. Фастовский М.Х., Дакалов Г.В., Носовский А.А Механическое и транспортное оборудование агломерационных фабрик - М.: Металлургия, 1983. 264 с.
21. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Шевченко В.Е. Металлургия чугуна. Киев, "Вища школа", 1981.
22. Дорофеев В.Н., Должиков В.В., Чистяков В.Г. Теория и технология доменного процесса: Сб. задач.– Алчевск, ДонГТУ, 2005.
23. Конспект лекций по дисциплине "Теория и технология подготовки сырья". Ровенский И.И. ДГМИ, 2000 г.
24. Вегман Е.Ф. и др. Металлургия чугуна. М. Металлургия, 1978.
25. Шур А.Б. Теплообмен в доменной печи. Ч. 1: Уч. пособие .– Алчевск: ДонГТУ, 2006.
26. Кудрин В.А. Металлургия стали: Уч. для ВУЗов.- М.: Металлургия, 1989 .- С. 365 – 419.
27. Научные основы современных сталеплавильных процессов / А.В. Явойский [и др.]- Мариуполь, 2003.- 276 с.
28. Вихлевщук В.А., Харахулах В.С., Бродский С.С. Ковшевая доводка стали.- Днепропетровск: Системные технологии, 2000.- 190 с.
29. Металлургия стали: Уч. для вузов./ под ред. В.И. Явойского и Ю.В. Кряковского// М.: Металлургия, 1983.- 583 с.
30. Бигеев А.М. Металлургия стали. – М.: Металлургия, 1988. – 440 с.
31. Ойкс Г.Н., Иоффе Х.М. «Производство стали. Расчеты».
32. Михайлов А.М. Литейное производство. М.: Машиностроение, – 1987.
33. Теплоэнергетика металлургических заводов. Учебник для вузов. Розенгарт Ю.И, [и др.] М.: Металлургия, 1985. —303 с.
34. Металлургическая теплотехника. Т. 1. Теоретические основы / Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Мاستрюков Б.С. и др. М.: Металлургия, 1986. – 426 с.
35. В.А. Кривандин, Ю.П. Филимонов. Теория, конструкции и расчёты металлургических печей. Т. 1. Теория и конструкция металлургических печей. М.: Металлургия, 1986. – 479с.
36. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов. - М., Металлургия, 1988.
37. Рыжонков Д. И., Падерин С. Н., Серов Г. В., Жидкова Л. К. Расчеты металлургических процессов на ЭВМ. - М , Металлургия, 1988.
38. Шурхал В,Я. и др. Физикохимия металлургических систем и процессов. - Киев. Высшая школа, 2000.

39. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов: Уч. пособие. – Киев-Донецк: “Вища школа”, 1979. – 276 с.

40. Борнацкий И.И. Физико-химические основы сталеплавильных процессов. – М.: Металлургия, 1974, 319 с.

41. Борнацкий И.И. Теория металлургических процессов: Учебное пособие. - Киев-Донецк: “Вища школа”, 1978. – 287 с.

42. Непрерывная разливка сортовой заготовки : монография / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, А.Л. Подкорытов и др. ; мин-во образования и науки Украины. ДонГТУ . — Алчевск : ДонГТУ, 2012 . — 450 с.

43. Валуев, Д.В. Непрерывная разливка стали и сплавов: учебное пособие/ Н.А. Козырев, Р.А. Гизатулин, Д.В. Валуев; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. –406с. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/6238614/posobie-nepreryvnaya-razlivka-stali-i-splavov-avtor-d-v->

44. Бойченко, Б.М. Конвертерное производство стали : теория, технология, качество стали, конструкция агрегатов, рециркуляция материалов и экология : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Металлургия черных металлов" / Б.М. Бойченко, В.Б. Охотский, П.С. Харлашин ; под ред. Б.М. Бойченко, В.Б. Охотского . — Днепропетровськ : Дніпро-ВАЛ, 2006 . — 454 с.

45. Шаповалов А.Н. Разливка и кристаллизация стали: Лабораторный практикум. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2014. – 68с. Электронный ресурс.

Режим доступа: http://nf.misis.ru/download/mt/Razlivka_i_kristallizaciya_stali.pdf

46. Гамов, П.А. Производство стали в кислородных конвертерах: решение практических задач: учебное пособие / П.А. Гамов, С.В. Зырянов, С.П. Салихов - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. - 47 с.

47. Протасов, А. В.Рафинирование стали в процессе разливки : монография / А. В. Протасов, Б. А. Сивак, Л. А. Смирнов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 328 с. : ил., табл.

5 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.