

Принято на заседании  
Ученого совета ИТ  
протокол № 4 от 04.12.2025 г.

**ПРОГРАММА**  
**ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**  
**22.04.02 Логистика и экодизайн промышленных технологий**

Москва 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	3
ЧАСТЬ 1. ЛОГИСТИКА В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ .....	4
Раздел 1. Общие вопросы технологии производства черных металлов и сплавов .....	4
Раздел 2. Подготовка материалов к плавке и производство высокоуглеродистого металла .....	4
Раздел 3. Технологии получения низкоуглеродистых сплавов .....	4
Раздел 4. Формообразование полупродукта из высокоуглеродистых и низкоуглеродистых расплавов .....	4
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 1 .....	4
ЧАСТЬ 2. ЛОГИСТИКА В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ .....	5
Раздел 1. Технологии гидрометаллургических процессов .....	5
Раздел 2. Технологии окислительной пирометаллургии .....	5
Раздел 3. Технологии восстановительной пирометаллургии .....	5
Раздел 4. Технологии электрометаллургии алюминия .....	5
Раздел 5. Технологии производства вольфрама .....	6
Раздел 6. Технологии производство молибдена .....	6
Раздел 7. Технологии производства тантала и ниобия .....	6
Раздел 8. Технологии получения титана и циркония .....	6
Раздел 9. Технологии получения рассеянных редких металлов .....	6
Раздел 10. Технологии получения радиоактивных и редкоземельных металлов .....	6
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 2 .....	7
ЧАСТЬ 3. ЭКОДИЗАЙН МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ .....	7
Раздел 1. Механика жидкостей и газов .....	7
Раздел 2. Перенос теплоты конвекцией .....	7
Раздел 3. Перенос теплоты молекулярной теплопроводностью .....	8
Раздел 4. Перенос теплоты излучением .....	8
Раздел 5. Тепловая работа и конструкции металлургических печей .....	8
Раздел 6. Основы теории очистки газов .....	9
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 3 .....	9

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

### **Цель вступительного испытания.**

Оценка уровня освоения поступающим компетенций, необходимых для обучения по магистерской программе 22.04.02 «Логистика и экодизайн промышленных технологий».

### **Форма, продолжительность проведения вступительного испытания. Критерии оценивания.**

Вступительное испытание по направлению подготовки проводится в письменной форме.

Продолжительность вступительного испытания – 120 минут.

Экзаменационный билет содержит 10 вопросов. В случае правильного ответа поступающий получает количество баллов, соответствующее номеру вопроса. Результатом оценивания работы является сумма баллов, полученных за правильные ответы на соответствующие вопросы письменной работы.

Система оценивания письменного вступительного испытания (максимально):

- 1 вопрос – 10 баллов;
- 2 вопрос – 10 баллов;
- 3 вопрос – 10 баллов;
- 4 вопрос – 10 баллов;
- 5 вопрос – 5 баллов;
- 6 вопрос – 5 баллов;
- 7 вопрос – 10 баллов;
- 8 вопрос – 10 баллов;
- 9 вопрос – 15 баллов;
- 10 вопрос – 15 баллов.

Результаты вступительного испытания оцениваются по 100-балльной шкале.

Минимальный проходной балл, подтверждающий успешное прохождение вступительного испытания, составляет 40.

При равенстве баллов в рейтинговом ряду приоритет отдаётся кандидату с более высоким средним баллом диплома.

**Перечень принадлежностей**, которые поступающий имеет право пронести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: ручка.

## **ЧАСТЬ 1. ЛОГИСТИКА В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ**

### **Раздел 1. Общие вопросы технологии производства черных металлов и сплавов**

История и роль металлургии в развитии цивилизации. Современное состояние и пути развития металлургического производства. Технологическая схема современного металлургического предприятия с полным технологическим циклом.

### **Раздел 2. Подготовка материалов к плавке и производство высокоуглеродистого металла**

2.1. Сырые материалы, применяемые при производстве черных металлов. Железные руды: определение, классификация, оценка качества.

2.2. Подготовка железных руд к доменной плавке. Агломерация.

2.3. Профиль доменной печи. Основное и вспомогательное оборудование.

2.4. Доменный процесс. Восстановление оксидов в доменной печи. Образование чугуна и шлака.

### **Раздел 3. Технологии получения низкоуглеродистых сплавов**

3.1. Классификация сталей. Влияние состава на качество стали. Сущность сталеплавильного производства. Способы производства стали.

3.2. Основные реакции сталеплавильного производства. Шлакообразование. Состав и свойства сталеплавильных шлаков и их роль в технологическом процессе.

3.3. Материалы, используемые при производстве стали: структура и состав металлошихты, источники кислорода, шлакообразующие материалы. Требования к шихтовым материалам и технологии, используемые для подготовки их к плавке.

3.4. Конвертерное производство стали. Общее устройство основного оборудования. Нормативный цикл конвертерной плавки.

3.5. Мартеновское производство стали. Схема работы и устройство основных элементов мартеновской печи. Схема работы и особенности технологии выплавки стали.

3.6. Электросталеплавильное производство. Классификация способов производства стали с использованием электрической энергии. Устройство дуговых электропечей.

3.7. Методы выплавки стали в основной дуговой электропечи. Переплав легированных отходов в дуговой печи. Основные периоды плавки, их задачи.

3.8. Внепечная обработка стали. Цели и методы обработки. Раскисление и легирование стали в ковше. Способы отсечки шлака по ходу выпуска металла из сталеплавильного агрегата. Применение нейтральных газов для обработки жидкой стали в ковше.

3.9. Десульфурация стали с использованием синтетических шлаков, твердых и порошкообразных смесей. Влияние обработки на качество готового металла.

3.10. Вакуумирование жидкой стали в ковше: способы и технологии, применяемое оборудование. Влияние вакуумирования на качество готового металла. Комплексная обработка жидкой стали в ковше.

3.11. Непрерывные сталеплавильные процессы: варианты технологических схем и применяемого оборудования. Современное состояние и перспективы развития.

### **Раздел 4. Формообразование полупродукта из высокоуглеродистых и низкоуглеродистых расплавов**

4.1. Оборудование для разливки стали. Способы разливки стали. Сравнение показателей разливки сверху и сифоном.

4.2. Структура стального слитка. Кристаллическая и химическая неоднородность. Явление усадки.

4.3. Непрерывная разливка стали. Технология и преимущества непрерывной разливки. Виды машин непрерывного литья заготовок.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 1**

#### **а) основная литература**

1а. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия. - М.: Металлургия, 1995. – 480 с.

#### **б) дополнительная литература**

1б. Металлургия чугуна / Под ред. Ю.С. Юсфина. - М.: Академкнига, 2005. – 628 с.

26. Поволоцкий Д.Я., Рощин В.Э., Рысс М.А. и др. Электрометаллургия стали и ферросплавов. - М.: Metallurgy, 1984. – 567 с.
36. Каблуковский А.Ф., Молчанов О.Е., Каблуковская М.А. Краткий справочник электросталева. - М.: Metallurgy, 1994. – 352 с.

## **ЧАСТЬ 2. ЛОГИСТИКА В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

### **Раздел 1. Технологии гидрометаллургических процессов**

- 1.1. Классификация металлургических процессов. Страны – основные производители золота. История создания производства золота. Источники сырья для производства благородных металлов. Формы нахождения золота в сырье.
- 1.2. Добыча руды и подготовка ее к переработке Гравитационные способы извлечения золота из руды. Амальгамационное извлечение золота из руды.
- 1.3 Цианирование золотосодержащих руд. Оборудование для проведения гидрометаллургических процессов Выделение золота из цианистых растворов. Техника безопасности при работе с цианидами.
- 1.4. Аффинаж драгоценных металлов. Электролиз золото-серебряных сплавов. Анодный и катодный процессы. Конструкция электролизной ванны. Основные технико-экономические показатели электролиза. Общие затраты ресурсов на производство золота из руды.

### **Раздел 2. Технологии окислительной пирометаллургии**

- 2.1. История развития пирометаллургии металлургии меди. Свойства меди и основные области применения. Объемы производства. Формы нахождения меди в земной коре. Кларк меди. Медные месторождения. Добыча медной руды. Медные концентраты.
- 2.2. Основные химические взаимодействия при пирометаллургической переработке сырья. Обжиг и плавка медных концентратов на штейн.
- 2.3. Продукты окислительной плавки сульфидных концентратов и принципы работы плавильных агрегатов. Окислительное конвертирование медных штейнов. Утилизация сернистых отходящих газов.
- 2.4. Электролитическое рафинирование меди. Основные электрохимические реакции. Конструкция электролизной ванны.

### **Раздел 3. Технологии восстановительной пирометаллургии**

- 3.1. Сырьевая база свинцового производства и потребление свинца. Виды химических соединений свинца в сырье. Теоретические основы восстановительной свинцовой плавки.
- 3.2. Агломерирующий окислительный обжиг концентрата. Химические реакции агломерации. Конструкция агломашины.
- 3.3. Химические реакции получения черного свинца и принцип работы шахтной печи. Прямая переработка сульфидного концентрата на черновой свинец.
- 3.4. Рафинирование черного свинца от разнообразных примесей. Образование и удаление промпродуктов, аккумулирующих примесей. Воздействие свинцового производства на окружающую среду.

### **Раздел 4. Технологии электрометаллургии алюминия**

- 4.1. Свойства алюминия и его применение. Минеральные источники для производства алюминия. Химические соединения алюминия в рудах. Электрохимические процессы получения металлического алюминия.
- 4.2. Производство глинозема способом Байера. Выщелачивание бокситов щелочными растворами. Основные реакции, поведение примесей.
- 4.3. Оборудование для спекания и выщелачивания. Электролитическое получение металлического алюминия. Криолит-глиноземные расплавы.
- 4.4. Конструкция электролизеров и принцип их работы. Анодный эффект. Расход анодов и потребление электричества. Воздействие алюминиевого производства на окружающую среду

## ***Раздел 5. Технологии производства вольфрама***

5.1. Классификация редких металлов. Особенности технологических схем производства редких металлов. Основные свойства вольфрама и области применения. Минералы и месторождения вольфрама. Вскрытие шеелитовых и вольфрамитовых концентратов щелочными реагентами. Аппаратурное оформление процессов.

5.2. Переработка продуктов вскрытия концентратов, очистка растворов от примесей. Способы получения вольфрамовой кислоты, паравольфрамата аммония и вольфрамового ангидрида.

5.3. Технология производства порошка вольфрама. Производство компактного пластичного вольфрама. Получение крупногабаритных слитков вольфрама электронно-лучевой и дуговой вакуумной плавкой.

## ***Раздел 6. Технологии производство молибдена***

6.1. Основные свойства молибдена и области применения. Минералы молибдена и месторождения. Способы переработки молибденитовых концентратов. Получение молибденитовых огарков. Аппаратурное оформление процессов. Выделение молибдена из аммиачных растворов. Получение молибденового ангидрида. Производство молибденового порошка и компактных изделий.

## ***Раздел 7. Технологии производства тантала и ниобия***

7.1. Основные свойства тантала и ниобия, области применения. Минеральное сырье и месторождения тантала и ниобия. Переработка танталит-колумбитовых концентратов разложением плавиковой кислотой. Вскрытие лопаритовых концентратов хлорированием. Варианты конденсации хлоридов. Аппаратурное оформление процессов.

7.2. Переработка продуктов вскрытия концентратов. Разделение тантала и ниобия и очистка от примесей. Технология получения металлического тантала и ниобия.

## ***Раздел 8. Технологии получения титана и циркония***

8.1. Основные свойства и области применения. Характеристика рудного сырья. Восстановительная плавка ильменитового концентрата. Хлорирование титановых шлаков, конденсация хлоридов. Аппаратурное оформление процессов. Очистка технического тетрахлорида титана. Магнито-термическое восстановление тетрахлорида титана. Йодидное рафинирование титана и получение компактного металла.

8.2. Способы вскрытия цирконовых концентратов. Варианты разделения циркония и гафния. Магнито-термический и электролитический способы получения металлического циркония. Технология рафинирования циркония.

## ***Раздел 9. Технологии получения рассеянных редких металлов***

9.1. Классификация рассеянных редких металлов, их характеристика. Примеры попутного извлечения рассеянных металлов в процессе переработки цветных металлов и отходов других производств. Основные свойства германия и его соединений. Области применения. Извлечение германия из различных видов сырья. Способы очистки германия от примесей.

9.2. Свойства и области применения галлия. Получение галлиевого концентрата при производстве алюминия. Получение металлического галлия и способы его рафинирования.

## ***Раздел 10. Технологии получения радиоактивных и редкоземельных металлов***

10.1. Роль радиоактивных и РЗМ в современном мире и в развитии атомной энергетики; энергетическая безопасность России; требования, предъявляемые к этим металлам, особенности их производства, основные продуценты в мире и РФ. Минералы, руды и концентраты урана, кислотные и щелочные способы вскрытия, основные аппараты, техника безопасности с радиоактивными материалами. Минералы, руды и концентраты РЗМ, основные способы вскрытия, необходимость комплексного использования сырья.

10.2. Экстракционные и сорбционные способы выделения урана из пульп, современное аппаратное оформление процессов, обезвреживание и удаление хвостов, экологические проблемы. Переработка продуктов вскрытия минерального сырья РЗМ, предварительное их разделение на отдельные группы. Экстракционные аффинажные операции для

получения соединений урана ядерной степени чистоты. Основы разделительных процессов при получении индивидуальных РЗМ.

10.3 Технология получения оксидов, фторидов, хлоридов урана и РЗМ. Основы металлургического восстановления высокоактивных металлов; получение урана РЗМ;

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 2**

#### **а) основная литература**

1а. А.В.Тарасов, Н.И.Уткин. Технология цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1999.

2а. В.И.Москвитин, И.В.Николаев, Б.А.Фомин. Металлургия легких металлов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.

3а. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1991.

4а. Котляр Ю.А., Стрижко Л.С. Металлургия благородных металлов. В 2-х томах, М.: Руда и металлы, 2005.

5а. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. Книга 1: Учебник для вузов /Коровин С.С., Зими́на Г.В., Резник А.М. и др. – М.: МИСиС, 1996.

6а. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006.

7а. А.И.Михайличенко, Е.Б.Михлин, Ю.Б.Патрикеев Редкоземельные металлы – М.: Металлургия, 1987.

## **ЧАСТЬ 3. ЭКОДИЗАЙН МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

### **Раздел 1. Механика жидкостей и газов**

1.1. Основные свойства жидкостей и газов и их зависимость от давления и температуры. Понятия идеальной и реальной, несжимаемой и сжимаемой жидкости. Гипотеза о сплошности жидкости.

1.2. Основные уравнения, описывающие движение идеальной жидкости.

1.3. Основные уравнения, описывающие движение реальной жидкости.

1.4. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости и их особенности.

1.5. Основы теории пограничного слоя. Назначение, основная идея, область применимости этой теории.

1.6. Структура гидродинамического пристеночного пограничного слоя при ламинарном режиме движения реальной жидкости.

1.7. Структура гидродинамического пристеночного пограничного слоя при турбулентном режиме движения реальной жидкости.

1.8. Свободная струя, как частный случай гидродинамического пограничного слоя. Особенности, основные закономерности, принцип расчета.

1.9. Виды гидравлических потерь. Потери энергии на преодоление сил вязкостного трения и их расчет.

1.10. Потери энергии на преодоление местных сопротивлений и их расчет.

1.11. Основное уравнение гидростатики и примеры его использования. Расчет сил давления на поверхность.

1.12. Распределение давления горячих газов по высоте рабочего пространства печи. Принцип действия дымовой трубы.

### **Раздел 2. Перенос теплоты конвекцией**

2.1. Классификация механизмов переноса теплоты. Виды конвективного переноса. Понятия теплоотдачи и теплопередачи. Закон теплоотдачи Ньютона–Рихмана.

2.2. Дифференциальное уравнение энергии и его применение для расчета теплоотдачи.

2.3. Дифференциальное уравнение конвективной теплоотдачи.

2.4. Применение теории пограничного слоя для переноса теплоты и массы примеси. Понятие теплового и диффузионного пограничного слоя.

2.5. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности при ламинарном режиме.

- 2.6. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности при турбулентном режиме.
- 2.7. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости в трубе при ламинарном режиме.
- 2.8. Расчет конвективной теплоотдачи при вынужденном движении жидкости в трубе при турбулентном режиме.
- 2.9. Особенности процесса конвективной теплоотдачи при струйной обдувке плоских и цилиндрических заготовок.
- 2.10. Расчет теплоотдачи при свободной конвекции.
- 2.11. Выражения для расчета конвективной теплоотдачи в критериальном виде.

### ***Раздел 3. Перенос теплоты молекулярной теплопроводностью***

- 3.1. Гипотеза Фурье. Понятие температурного поля. Виды температурных полей.
- 3.2. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности. Постановка задачи нестационарной теплопроводности.
- 3.3. Виды граничных условий для решения задач нестационарной теплопроводности.
- 3.4. Методы решения задач нестационарной теплопроводности и область их применимости.
- 3.5. Анализ общего решения дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности при граничных условиях третьего рода.
- 3.6. Критерий Био и его влияние на процесс нагрева и охлаждения тел. Термически тонкие и термически массивные тела.
- 3.7. Регулярный тепловой режим и его особенности при граничных условиях первого, второго и третьего рода.
- 3.8. Постановка задачи стационарной теплопроводности.
- 3.9. Стационарная теплопроводность в плоской одно- и многослойной стенке при граничных условиях первого и третьего рода.
- 3.10. Стационарная теплопроводность в цилиндрической одно- и многослойной стенке при граничных условиях первого и третьего рода.
- 3.11. Особенности решения стационарной задачи теплопроводности при граничных условиях второго рода.
- 3.12. Способы интенсификации процесса теплопередачи и их анализ.

### ***Раздел 4. Перенос теплоты излучением***

- 4.1. Общая характеристика процесса переноса теплоты излучением. Виды излучения.
- 4.2. Количественные характеристики процесса излучения.
- 4.3. Виды лучистых потоков и связь между ними.
- 4.4. Закон сохранения энергии для процесса излучения и его анализ.
- 4.5. Основные законы излучения абсолютно черного тела и их анализ.
- 4.6. Понятие серого тела. Законы излучения серого тела.
- 4.7. Виды постановок задач расчета теплообмена излучением в замкнутых системах.
- 4.8. Угловые коэффициенты излучения и их свойства (для систем с лучепрозрачной средой).
- 4.9. Угловые коэффициенты излучения и их свойства (для систем с излучающе-поглощающей средой).
- 4.10. Классический зональный метод расчета теплообмена излучением в системах с лучепрозрачной средой.
- 4.11. Особенности применения классического зонального метода расчета теплообмена излучением в системах с излучающе-поглощающей средой.
- 4.12. Особенности применения классического зонального метода для расчета сложного (радиационно-конвективного) теплообмена.

### ***Раздел 5. Тепловая работа и конструкции металлургических печей***

- 5.1. Классификация промышленного оборудования с энергетической точки зрения.
- 5.2. Печи как технологическое оборудование. Классификация печей по лимитирующему процессу.



- 5.3. Способы генерации теплоты за счет сжигания топлива.
- 5.4. Способы генерации теплоты за счет электрической энергии.
- 5.5. Температурные и тепловые режимы печей проходного типа.
- 5.6. Температурные и тепловые режимы печей периодического действия.
- 5.7. Способы использования теплоты отходящих газов и оборудование для их реализации.
- 5.8. Тепловой баланс печей, его составление и анализ.
- 5.9. Тепловая работа и тепловой баланс доменных печей.
- 5.10. Тепловая работа и тепловой баланс кислородных конвертеров.
- 5.11. Тепловая работа и тепловой баланс дуговых сталеплавильных печей.
- 5.12. Тепловая работа и тепловой баланс нагревательных колодцев.
- 5.13. Тепловая работа и тепловой баланс методических печей толкательного типа.
- 5.14. Тепловая работа и тепловой баланс методических печей с шагающими балками.
- 5.15. Тепловая работа и тепловой баланс печей с кольцевым подом.
- 5.16. Тепловая работа и тепловой баланс печей колпакового типа.
- 5.17. Тепловая работа и тепловой баланс печей башенного типа.
- 5.18. Физические и эксплуатационные свойства огнеупорных и теплоизоляционных материалов.

#### ***Раздел 6. Основы теории очистки газов***

- 6.1. Причины появления пыли в газах. Понятия ПДК, ПДВ. Социальная значимость очистки технологических газов.
- 6.2. Способы сухой очистки газов и оборудование для их реализации.
- 6.3. Способы мокрой очистки газов и оборудование для их реализации.
- 6.4. Работа осадительных камер и эффективность очистки газов в них.
- 6.5. Работа водяных скрубберов и эффективность очистки газов в них.
- 6.6. Очистка газов от пыли в рукавных фильтрах.
- 6.7. Использование электрофильтров для очистки газов.
- 6.8. Очистка газов доменных печей.
- 6.9. Очистка газов кислородных конвертеров.
- 6.10. Очистка газов дуговых сталеплавильных печей.
- 6.11. Очистка газов агломерационного производства.

#### ***РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА К ЧАСТИ 3***

1. Теплотехника металлургического производства, т.т.1 и 2 (под ред. В.А. Кривандина) – М.: МИСиС, 2002.
2. И.А. Прибытков, И.А. Левицкий Теоретические основы теплотехники. Учебник для студентов учреждений сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 464 с.
3. Автоматическое управление металлургическими процессами /А.М. Беленький, В.Ф. Бердышев, О.М. Блинов, В.Ю. Каганов. - М.: Металлургия, 1989. – 384 с.
4. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.Ю. Каганов, Г.М. Глинков, М.Д. Климовицкий, А.К. Климушкин. - М.: Металлургия, 1987. – 270 с.