

Фонд оценочных средств по дисциплине «Современные проблемы производства цветных металлов» для промежуточной аттестации разработан в соответствии с федеральными государственными требованиями по научной специальности 2.5.21 «Машины, агрегаты и технологические процессы» на основе Рабочей программы дисциплины «Современные проблемы производства цветных металлов», Положения о формировании Фонда оценочных средств по дисциплине (ФОС).

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1. Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения
--------------------------------	-----------------------

Таблица 2. Паспорт фонда оценочных средств

№п/п	Контролируемые разделы(темы) дисциплины	Код результата обучения по дисциплине/ модулю	Оценочные средства текущей аттестации	
			Наименование	Форма
1 курс				

2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы.

2.1. Задания для текущего контроля успеваемости

1. Дайте определение цветным металлам. Каковы основные области их применения в технике и промышленности?
2. Охарактеризуйте современную структуру производства и потребления основных цветных металлов (алюминий, медь, цинк, никель, титан).
3. Назовите основные мировые тенденции в развитии цветной металлургии (снижение качества руд, экологические требования, цифровизация).
4. В чём заключаются основные проблемы сырьевой базы цветной металлургии России?
5. Каковы особенности и основные способы обогащения труднообогатимых руд цветных металлов?
6. Объясните значение переработки техногенного сырья (шлаков, хвостов, лома) для устойчивого развития отрасли.
7. Сравните удельную энергоёмкость получения алюминия, меди, никеля и титана. Укажите факторы, влияющие на энергозатраты.
8. Каковы современные подходы к повышению энергоэффективности при производстве цветных металлов?
9. Опишите основные источники и характер антропогенного воздействия предприятий цветной металлургии.
10. Назовите приоритетные направления снижения экологической нагрузки при производстве цветных металлов.
11. Каковы перспективы использования вторичного сырья (лома, отходов) для решения экологических и ресурсных проблем?
12. Что такое «цифровой двойник» оборудования и как он применяется в цветной металлургии?
13. Охарактеризуйте роль промышленного интернета вещей в управлении технологическими процессами в металлургии.

14. Каковы возможности и ограничения аддитивных технологий (3D-печати) применительно к производству цветных металлов и ремонту оборудования?
15. Опишите современные подходы к автоматизации и роботизации операций в цветной металлургии.
16. Какие существуют перспективные направления развития плавильных агрегатов для цветной металлургии?
17. Назовите современные типы оборудования для непрерывной разливки и прокатки цветных металлов.
18. Перечислите проблемы и перспективы импортозамещения в области оборудования и технологий для цветной металлургии России.
19. Какие инновационные технологические решения наиболее востребованы при переработке комплексных руд цветных металлов?
20. Охарактеризуйте ключевые научно-технические проблемы производства глинозёма и алюминия.
21. В чём состоят современные проблемы автогенной плавки медного сырья и пути их решения?
22. Каковы направления совершенствования технологии и оборудования при пирометаллургическом производстве никеля и кобальта?
23. Назовите особенности и проблемы гидromеталлургической переработки бедного и упорного сырья цветных металлов.
24. Каковы тенденции развития оборудования для прокатки и прессования цветных металлов?
25. Сформулируйте основные задачи, которые стоят перед учёными и инженерами для обеспечения инновационного развития цветной металлургии в России.

2.2. Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

1. Мировое производство и потребление основных цветных металлов. Ключевые игроки (Китай, Россия, Чили, Перу). Снижение качества руд, рост капитальных затрат. Приоритеты инновационного развития в России.
2. Работа с комплексными рудами и техногенными отходами. Способы обогащения труднообогатимых руд. Анализ зарубежных практик переработки упорного сырья.
3. Энергоёмкость получения алюминия, меди, никеля, титана. Внедрение энергосберегающих технологий. Обзор методов снижения выбросов парниковых газов.
4. Антропогенное воздействие металлургических предприятий. Оценка рисков и ущерба. Инновации в минимизации воздействия (замкнутые циклы, переработка отходов).
5. Цифровые двойники оборудования, промышленный интернет вещей, системы мониторинга. Применение аддитивных технологий для ремонта и изготовления деталей. В рамках практики – анализ кейсов внедрения.
6. Классификация машин и агрегатов. Плавильные агрегаты, оборудование для литья и прокатки. Тенденции: автоматизация, повышение производительности. Практика – конструирование узлов оборудования в CAD.

Для всех:

7. Анализ публикаций из журналов «Цветные металлы», «Известия вузов. Цветная металлургия», «Научный вестник Арктики», «Культура, наука, производство»
8. Изучение цифровых платформ для металлургии (промышленный интернет вещей, цифровые двойники).

2.3. Фонд оценочных средств

1. Задание закрытого типа на установление соответствия (5 шт., уровень сложности: средний)

Задание 1.1. Установите соответствие между металлом и основной областью его применения.

Металл	Область применения
1. Алюминий	А. Сверхпроводники, атомная энергетика, химическая аппаратура
2. Медь	Б. Авиастроение, автостроение, упаковка (фольга), электропроводка
3. Ниобий	В. Электротехника (провода, кабели), теплообменники, сплавы
4. Титан	Г. Самолёто- и ракетост

Задание 1.2. Установите соответствие между способом обогащения и его применением для конкретного типа сырья.

Способ обогащения	Тип сырья/применение
1. Флотация	А. Магнитные руды железа и редких металлов
2. Магнитная сепарация	Б. Золотосодержащие руды, алмазы
3. Гравитационное обогащение	В. Сульфидные руды цветных металлов
4. Электростатическая сепарация	Г. Разделение минералов по электропроводности

Задание 1.3. Установите соответствие между инновационной технологией и её эффектом в цветной металлургии.

Технология	Эффект
1. Цифровой двойник плавильного агрегата	А. Снижение энергозатрат на 10–30%
2. Внедрение роботизированного комплекса литья	Б. Мониторинг и оптимизация процесса, прогнозирование аварий
3. Система мониторинга выбросов в реальном времени	В. Повышение безопасности труда, стабильность качества
4. Установка рекуперации тепла отходящих газов	Г. Оперативный контроль соблюдения ПДК, снижение штрафов

Задание 1.4. Установите соответствие между оборудованием и его назначением.

Оборудование	Назначение
1. Печь взвешенной плавки (ПВП)	А. Производство алюминия из глинозёма
2. Электролизёр (алюминиевый)	Б. Обжиг сульфидных медных концентратов
3. МНЛЗ (машина непрерывного литья)	В. Литье заготовок
4. Прокатный стан	Г. Обработка металла давлением

Задание 1.5. Установите соответствие между классом цветных металлов и конкретным представителем.

Класс металлов	Пример
1. Тяжёлые цветные металлы	А. Золото
2. Лёгкие цветные металлы	Б. Вольфрам
3. Благородные металлы	В. Алюминий
4. Тугоплавкие металлы	Г. Свинец

1. Задание закрытого типа на установление последовательности (5 шт., уровень сложности: низкий–средний)

Задание 2.1. Расставьте в правильной последовательности основные стадии переработки сульфидной медной руды.

1. Рафинирование (огневое/электролитическое)
2. Дробление и измельчение руды
3. Конвертирование медного штейна
4. Плавка на штейн (в печи ПВП или отражательной печи)
5. Флотационное обогащение (получение медного концентрата)

Задание 2.2. Установите последовательность этапов технологического процесса производства проката из алюминия, начиная с получения металла.

1. Холодная прокатка (лента, фольга)
2. Электролиз криолит-глинозёмного расплава
3. Термическая обработка (отжиг, закалка, старение)
4. Горячая прокатка слябов на прокатном стане
5. Непрерывное литьё заготовок (слябов) на МНЛЗ

Задание 2.3. Расставьте в правильной последовательности этапы типового научного исследования по оптимизации состава сплава, начиная с формулировки проблемы.

1. Анализ литературных данных и постановка цели работы
2. Обсуждение результатов и формулирование выводов
3. Проведение экспериментальной плавки сплава (расчёт шихты, плавка)
4. Испытания полученного сплава (механические, коррозионные свойства)
5. Выбор базового состава и факторов для варьирования

Задание 2.4. Установите последовательность использования различных методов при комплексной переработке упорного никель-кобальтового сырья (начиная с подготовки сырья к переработке).

1. Гидрометаллургическая переработка (автоклавное выщелачивание)
2. Дробление и измельчение руды
3. Сортировка и обогащение руды (с получением концентрата)
4. Электролиз (получение металлических никеля и кобальта)
5. Пирометаллургическая плавка концентрата на фанштейн
6. Рафинирование фанштейна и разделение металлов

Задание 2.5. Укажите последовательность этапов внедрения технологии «цифровой двойник» на металлургическом агрегате.

1. Построение математической модели процесса на основе фундаментальных законов
2. Принятие решений (оптимизация, прогнозирование) на основе анализа
3. Установка датчиков (IIoT) на реальном оборудовании
4. Сравнение выходных данных модели и реального процесса (идентификация отклонений)
5. Интеграция модели и реальных данных (обновление модели в реальном времени)
6. Проведение опытно-промышленных испытаний и настройка модели

2. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырёх и обоснованием (5 шт., уровень сложности: средний–высокий)

Задание 3.1. Что из перечисленного является главной проблемой гидрометаллургической переработки бедных сульфидных медных руд?

- А) Высокая вязкость пульпы
- Б) Образование элементарной серы, пассивирующей поверхность частиц

- В) Коррозия оборудования фтор-ионами
- Г) Невозможность использовать автоклавы

Задание 3.2. Какой способ переработки медного концентрата является наиболее прогрессивным по энергоэффективности и экологичности?

- А) Отражательная плавка
- Б) Шахтная плавка
- В) Автогенная плавка в печи взвешенной плавки (ПВП) или во взвешенно-кипящем слое
- Г) Электроплавка

Задание 3.3. Какое из утверждений о пирометаллургическом производстве никеля из сульфидных руд является верным?

- А) Основная цель плавки на фанштейн – удаление железа
- Б) Основная цель плавки на фанштейн – удаление серы
- В) Конвертирование фанштейна проводят в электродуговых печах
- Г) Плавку на фанштейн проводят в отражательных печах

Задание 3.4. Что из перечисленного не является преимуществом непрерывной разливки заготовок (МНЛЗ) по сравнению с разливкой в изложницы?

- А) Повышение выхода годного (отсутствие прибыльной части)
- Б) Снижение трудоёмкости и энергозатрат за счёт совмещения процессов
- В) Возможность получать заготовки большого переменного сечения
- Г) Формирование мелкозернистой структуры металла за счёт ускоренного охлаждения

Задание 3.5. Какая из перечисленных мер наиболее эффективна для снижения энергопотребления при электролизе алюминия?

- А) Увеличение силы тока при постоянном напряжении
- Б) Замена обожжённых анодов на аноды Содерберга
- В) Применение инертных (нерасходуемых) анодов
- Г) Снижение расстояния между анодом и катодом (межполюсного расстояния)

1. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа и обоснованием (5 шт., уровень сложности: высокий)

Задание 4.1. Какие из перечисленных факторов обоснованно рассматриваются как глобальные вызовы для медной промышленности?

1. Постоянное снижение содержания меди в перерабатываемых рудах (тенденция к забалансовым рудам)
2. Замена медных кабелей на алюминиевые в энергетике
3. Необходимость переработки труднообогатимых упорных руд (мышьяковистых, никелистых)
4. Снижение потребности в меди в электронике

Задание 4.2. Какие утверждения о применении гидрометаллургических методов (кучного, автоклавного выщелачивания) являются верными?

1. Кучное выщелачивание предпочтительно для бедных окисленных руд и техногенных отходов
2. Гидрометаллургия полностью исключает тепловое загрязнение атмосферы
3. Автоклавное выщелачивание позволяет перерабатывать упорные сульфидные концентраты без обжига
4. Гидрометаллургия в 2–3 раза энергоёмче пирометаллургии

Задание 4.3. Выберите проблемы, актуальные для титановой промышленности России.

1. Дефицит собственного сырья (ильменита, рутила) и зависимость от импорта
2. Отсутствие технологии получения губчатого титана

3. Экономическая неэффективность гидрометаллургической переработки бедных руд
4. Высокая стоимость производства по сравнению с зарубежными лидерами (Китай, Япония, США)

Задание 4.4. Какие современные технологические решения относятся к стратегии «зелёной металлургии»?

1. Полная герметизация электролизёров с системой газоотсоса и очистки
2. Использование возобновляемых источников энергии на 50%+ для электролиза алюминия
3. Переработка техногенных отходов (шлаков, хвостов) для извлечения металлов
4. Замена электролиза алюминия карботермическим восстановлением

Задание 4.5. Какие из перечисленных направлений развития оборудования для обработки цветных металлов являются современными и перспективными?

1. Создание литейно-прокатных агрегатов (совмещение МНЛЗ + прокатный стан)
2. Увеличение скорости прокатки до 30–40 м/с (для алюминия)
3. Внедрение систем автоматической настройки зазора валков на основе ИИ
4. Полный отказ от гидравлических систем в прокатном оборудовании

2. Задание открытого типа с развёрнутым ответом (5 шт., уровень сложности: высокий)

- 5.1. Сравните пирометаллургический и гидрометаллургический способы получения меди из сульфидных руд/концентратов. Укажите достоинства и недостатки каждого метода. В каком случае предпочтительнее каждый из них?
- 5.2. Сформулируйте три ключевые проблемы утилизации шлаков медной плавки и предложите возможные пути их решения.
- 5.3. Предложите структуру и обоснуйте необходимость разработки «цифрового двойника» для роторной печи обжига цинковых концентратов. Какие параметры должны контролироваться?
- 5.4. Опишите технологическую схему переработки алюминиевых банок (лом). Какое оборудование используется?
- 5.5. Сравните два вида холодной прокатки лент из цветных металлов: двухвалковая и четырёхвалковая (кварто). В чём преимущества кварто-стана? Укажите, для каких металлов и изделий применение кварто-стана обязательно.