

Документ подписан простой электронной подписью
 Информация о владельце:
 ФИО: Лапин Вячеслав Александрович
 Должность: Директор
 Дата подписания: 16.08.2026 17:18:49
 Уникальный программный ключ:
 df48b51be157e2f6cf8adf83bc04ff59a6aeacac

**Негосударственное частное образовательное
 учреждение высшего образования
 «Технический университет УГМК»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
 ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СОПУТСТВУЮЩИХ
 ЭЛЕМЕНТОВ**

Пиromеталлургия меди и сопутствующих элементов

Закреплена за кафедрой **металлургии**

Учебный план Направление 22.03.02 Metallургия Направленность (профиль) Metallургия
 цветных металлов

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	3		4		Итого	
	уп	рп	уп	рп		
Лекции	2	2	6	6	8	8
Лабораторные			8	8	8	8
В том числе в форме практ.подготовки			8		8	
Итого ауд.	2	2	14	14	16	16
Контактная работа	2	2	14	14	16	16
Сам. работа	70	70	49	49	119	119
Часы на контроль			9	9	9	9
Итого	72	72	72	72	144	144

Разработчик программы:

д-р техн. наук, проф. кафедры, Жуков Владимир Петрович

Рабочая программа дисциплины

Пирометаллургия меди и сопутствующих элементов

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

составлена на основании учебного плана:

Направление 22.03.02 Metallurgy Направленность (профиль) Metallurgy цветных металлов

утвержденного учёным советом вуза от 18.10.2023 протокол № 10.

Год начала подготовки: 2024

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
металлургии

1. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-1: Способен определять организационные и технические меры по выполнению производственных заданий плавильным переделом производства тяжелых цветных металлов

ИПК-1.1: Знает: - устройство, назначение, технические характеристики, конструктивные особенности, правила обслуживания и эксплуатации применяемых в пирометаллургии плавильных агрегатов: отражательных, шахтных, руднотермических, обеднительных печей, печей Ванюкова, кислородно-взвешенной и кислородно-факельной плавки, электродуговых, индукционных печей, фьюминг-печей, вельц-печей, конвертеров, рафинировочных котлов; - схемы технологической обвязки печи, подающих и отводящих воздухопроводов, газоходов, электроснабжения, кислородных, газовых, паровых, водяных коммуникаций, систем циркуляции и охлаждения; - основные металлургические технологии производства тяжелых цветных металлов, физические процессы и химические реакции процесса плавки цветных металлов и сплавов; - факторы, влияющие на ход технологического процесса, и способы управления ими; - действующие стандарты, технические условия, положения и инструкции по составлению и оформлению технической и учетной документации; - специализированное программное обеспечение плавильного участка; - требования охраны труда, промышленной, экологической и пожарной безопасности на плавильном участке

ИПК-1.2: Умеет: - оценивать качество и соответствие техническим условиям (технологическим регламентам) сырья (шихты) и энергоносителей (газ, мазут, коксик, сжатый воздух, кислород, азот); - регулировать процесс плавки на основе данных о составе переплавляемых материалов, показаний контрольно-измерительных приборов и визуальных наблюдений; - организовывать в зависимости от содержания металла и химического состава шихты ведение процесса плавки в режимах, обеспечивающих максимальное извлечение металла и выход годного; - корректировать процессы плавки добавлением флюсов и оборотных материалов, интенсивностью дутья.

ИПК-1.3: Владеет навыками: - контроля состояния оборудования и вспомогательных материалов для процесса плавления в печи; - составления технической документации для ресурсного и организационного обеспечения процесса подготовки и ведения плавки, разлива металла; - мониторинга установленных режимов и контролируемых параметров ведения процессов плавки (переплавки и рафинирования цветных металлов, плавки руд, концентратов, агломерата, огарка и сплавов, фьюмингования, вельцевания, дистилляции, купеляции) в печах различных видов и типов; - выявления причин негативных изменений параметров и показателей процесса плавки; - определения мер по устранению неполадок в работе печных агрегатов и вспомогательного оборудования; - анализа результатов производственной деятельности подразделения за смену - расхода материально-технических ресурсов и энергоносителей, причин брака или снижения качества продукции (работ, услуг); - ведения учетной и технологической документации на бумажных и (или) электронных носителях

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

1.1	Знать:
1.1.1	1. Теоретические положения металлургических процессов, используемых для комплексной переработки медных руд и концентратов.
1.1.2	2. Закономерности пиро- и гидрометаллургических процессов, предпосылки, используемые при создании безотходных технологических схем.
1.1.3	3. Методологические основы процессного подхода.
1.1.4	4. Основные технико-экономические показатели процессов получения меди и сопутствующих элементов.
1.1.5	5. Устройство и принцип действия аппаратов, направления их развития и совершенствования.
1.2	Уметь:
1.2.1	1. Выбирать прописи химических реакций металлургических процессов для их физико-химического анализа.
1.2.2	2. Формулировать рекомендации по интенсификации процесса и улучшения качества продукции.
1.2.3	3. Формулировать задачи процессного подхода получения меди и сопутствующих элементов.
1.2.4	4. Выбирать необходимый математический аппарат для исследования процессов получения меди и сопутствующих элементов.
1.2.5	5. Использовать методологию технологических расчетов для выбора основного оборудования.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Пр.подг. часов	Примечание
	Раздел 1. Автогенные процессы			0	

1.1	Требования, предъявляемые к современным металлургическим процессам Понятие коэффициента комплексности использования сырья (КИС) в цветной металлургии и анализ состояния вопроса в металлургии меди и сопутствующих элементов. Экологическая безопасность технологий. Удельная производительность оборудования. Роль вторичной цветной металлургии. Экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Характеристика сырьевой базы. Физико-химические принципы. Особенности тепловых балансов (ТБ). Влияние различных факторов на ТБ АП. Классификация АП и преимущества АП. Кислородно-факельная плавка (КФП), аппаратное оформление. Технологическая схема производства с использованием КФП. Техничко-экономические показатели процесса, преимущества, недостатки, перспективы. Плавка во взвешенном состоянии. Физико-химические особенности шлако- и штейнообразования. Практика процесса. Перспективы технологии. Плавка в печах Ванюкова. Теоретические и технологические основы плавки. Конструкция печи. Показатели ПВ. Устройство миксеров штейна и шлака. Утилизация газов. ТЭО работы ПВ на ОАО «СУМЗ», ОАО «БГМК» Перспективы ПВ. Совмещенные процессы плавки-конвертирования. Технология СПК на ОАО «ММСК». Процессы «Эльтениенте», «Норанда», «Мицубиси», практика работы завода «Гресик» (Индонезия). Технология «TSL». Классификация процессов. Технологические особенности процессов: химизм взаимодействий и условия тепло-массообмена. Аппаратное оформление. Техничко-экономические показатели процессов «Аусмелт» на ЗАО «Карабашмедь» и «Казцинк». Перспективы применения при переработке сульфидного, смешанного рудного и техногенного сырья. Особенности технологий «КИВЦЭТ» и «ФБП». /Лек/	3	1	0	
-----	---	---	---	---	--

1.2	Требования, предъявляемые к современным металлургическим процессам Понятие коэффициента комплексности использования сырья (КИС) в цветной металлургии и анализ состояния вопроса в металлургии меди и сопутствующих элементов. Экологическая безопасность технологий. Удельная производительность оборудования. Роль вторичной цветной металлургии. Экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Характеристика сырьевой базы. Физико-химические принципы. Особенности тепловых балансов (ТБ). Влияние различных факторов на ТБ АП. Классификация АП и преимущества АП. Кислородно-факельная плавка (КФП), аппаратурное оформление. Технологическая схема производства с использованием КФП. Техничко-экономические показатели процесса, преимущества, недостатки, перспективы. Плавка во взвешенном состоянии. Физико-химические особенности шлако- и штейнообразования. Практика процесса. Перспективы технологии. Плавка в печах Ванюкова. Теоретические и технологические основы плавки. Конструкция печи. Показатели ПВ. Устройство миксеров штейна и шлака. Утилизация газов. ТЭО работы ПВ на ОАО «СУМЗ», ОАО «БГМК» Перспективы ПВ. Совмещенные процессы плавки-конвертирования. Технология СПК на ОАО «ММСК». Процессы «Эльтиенте», «Норанда», «Мицубиси», практика работы завода «Гресик» (Индонезия). Технология «TSL». Классификация процессов. Технологические особенности процессов: химизм взаимодействий и условия тепло-массообмена. Аппаратурное оформление. Техничко-экономические показатели процессов «Аусмелт» на ЗАО «Карабашмедь» и «Казцинк». Перспективы применения при переработке сульфидного, смешанного рудного и техногенного сырья. Особенности технологий «КИВЦЭТ» и «ФБП». /Ср/	3	35	0	
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Пр.подг. часов	Примечание
	Раздел 2. Современное состояние и пути развития плавильных процессов			0	
2.1	Техничко-экономические предпосылки модернизации. Топливо-энергетические эквивалент процесса. Характеристика шахтной плавки (ШП). Схема процессса АШП. Показатели работы ШП Уральских предприятий. Модернизация пламенных печей. Характеристика современного состояния парка отражательных печей. Пути совершенствования печей, перспективы. /Лек/	3	1	0	
2.2	Техничко-экономические предпосылки модернизации. Топливо-энергетические эквивалент процесса. Характеристика шахтной плавки (ШП). Схема процессса АШП. Показатели работы ШП Уральских предприятий. Модернизация пламенных печей. Характеристика современного состояния парка отражательных печей. Пути совершенствования печей, перспективы. /Ср/	3	35	0	
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Пр.подг. часов	Примечание
	Раздел 3. Конвертирование медных штейнов			0	

3.1	Современное состояние теории процесса конвертирования медных штейнов. Поведение примесей при конвертировании. Распределение основных спутников меди. Температурный режим. Современная практика конвертирования. Характеристика современных конвертеров и технологии. Прогресс в области конвертирования. Конвертеры с боковым отводом газов (КБО). Инжекционный конвертер «Инспирейшн». Конвертерная печь «Мицубиси». /Лек/	4	3	0	
3.2	Современное состояние теории процесса конвертирования медных штейнов. Поведение примесей при конвертировании. Распределение основных спутников меди. Температурный режим. Современная практика конвертирования. Характеристика современных конвертеров и технологии. Прогресс в области конвертирования. Конвертеры с боковым отводом газов (КБО). Инжекционный конвертер «Инспирейшн». Конвертерная печь «Мицубиси». /Лаб/	4	4	0	
3.3	Современное состояние теории процесса конвертирования медных штейнов. Поведение примесей при конвертировании. Распределение основных спутников меди. Температурный режим. Современная практика конвертирования. Характеристика современных конвертеров и технологии. Прогресс в области конвертирования. Конвертеры с боковым отводом газов (КБО). Инжекционный конвертер «Инспирейшн». Конвертерная печь «Мицубиси». /Ср/	4	25	0	
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Пр.подг. часов	Примечание
	Раздел 4. Современное состояние и перспективы технологии рафинирования черновой меди			0	
4.1	Термодинамика реакций окислительного огневого рафинирования. Термодинамика реакций окисления меди и примесей. Термодинамический анализ системы Cu-П-О. Система Cu ₂ O-SiO ₂ . Распределение примесей. Термодинамика реакций дегазации и раскисления. Практика рафинирования. Типы анодных печей. Печь «Мерц». Оборудование для разлива анодов. Технология рафинирования. Режимные параметры операций. Виды восстановителей. Особенности восстановления в печи «Мерц». Реагентное рафинирование. Непрерывные процессы. Печь «Мицубиси». Непрерывное рафинирование по методу «Гумбольд». Процесс «Контимелт». /Лек/	4	3	0	
4.2	Термодинамика реакций окислительного огневого рафинирования. Термодинамика реакций окисления меди и примесей. Термодинамический анализ системы Cu-П-О. Система Cu ₂ O-SiO ₂ . Распределение примесей. Термодинамика реакций дегазации и раскисления. Практика рафинирования. Типы анодных печей. Печь «Мерц». Оборудование для разлива анодов. Технология рафинирования. Режимные параметры операций. Виды восстановителей. Особенности восстановления в печи «Мерц». Реагентное рафинирование. Непрерывные процессы. Печь «Мицубиси». Непрерывное рафинирование по методу «Гумбольд». Процесс «Контимелт». /Лаб/	4	4	0	

4.3	Термодинамика реакций окислительного огневого рафинирования. Термодинамика реакций окисления меди и примесей. Термодинамический анализ системы Cu-П-О. Система Cu ₂ O-SiO ₂ . Распределение примесей. Термодинамика реакций дегазации и раскисления. Практика рафинирования. Типы анодных печей. Печь «Мерц». Оборудование для разлива анодов. Технология рафинирования. Режимные параметры операций. Виды восстановителей. Особенности восстановления в печи «Мерц». Реагентное рафинирование. Непрерывные процессы. Печь «Мицубиси». Непрерывное рафинирование по методу «Гумбольд». Процесс «Контимелт». /Ср/	4	24	0	
-----	--	---	----	---	--

3.ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

3.1. Текущий контроль

Формы и виды текущего контроля по дисциплине, виды заданий, критерии их оценивания, распределение баллов по видам текущего контроля в БРС (при использовании) разрабатываются преподавателем дисциплины с учетом ее специфики и доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии.

Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем дисциплины в рамках контактной работы и самостоятельной работы обучающихся.

Возможны различные формы проведения текущей аттестации: устный ответ, письменный ответ, компьютерное тестирование, выполнение практического задания в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС). Для фиксирования результатов текущего контроля может использоваться ЭИОС.

3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится с использованием вопросов и заданий из комплекта оценочных материалов (КОМ) по дисциплине.

Оценка сформированности компетенции (части компетенции) осуществляется на основе оценки:

- ☐ знаниевых результатов – проверяются через тестовые задания с выбором одного или нескольких правильных ответов, а также через устный или письменный ответ на теоретические вопросы;
- ☐ умений и владений – проверяются через выполнение практических, лабораторных или проектных заданий, а также через решение типовых профессиональных задач.

Критерии оценивания теоретических вопросов и тестовых заданий:

- ☐ «отлично» – 90–100% правильных ответов;
- ☐ «хорошо» – 76–89% правильных ответов;
- ☐ «удовлетворительно» – 60–75% правильных ответов;
- ☐ «неудовлетворительно» – менее 60% правильных ответов;
- ☐ «зачтено» – 60–100% правильных ответов;
- ☐ «незачтено» – менее 60% правильных ответов.

Критерии оценивания практических (практико-ориентированных) заданий:

- ☐ «отлично» – задание выполнено полностью, без ошибок и недочётов; продемонстрировано свободное владение материалом, умение применять знания в стандартных и нестандартных ситуациях;
- ☐ «хорошо» – задание выполнено полностью, допущены не более одной негрубой ошибки или одного-двух недочётов;
- ☐ «удовлетворительно» – задание выполнено не менее чем на 2/3; допущены одна грубая или две-три негрубые ошибки, но общая логика решения сохранена;
- ☐ «неудовлетворительно» – задание выполнено менее чем на 2/3; допущены грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании сути задания или отсутствии необходимых умений;
- ☐ «зачтено» – 60–100% правильных ответов;
- ☐ «незачтено» – менее 60% правильных ответов.

Общие положения:

Возможны различные формы проведения промежуточной аттестации: устный ответ, письменный ответ, компьютерное тестирование, выполнение практического задания в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС).

Каждый обучающийся получает уникальный вариант заданий, сформированный из комплекта оценочных материалов.

Итоговая оценка выставляется с учётом как текущего контроля (при наличии), так и результатов промежуточной аттестации.

Комплекты оценочных материалов разрабатываются на кафедре и соответствуют требованиям ФГОС ВО, содержанию рабочей программы и индикаторам компетенций в части, формируемой в рамках дисциплины.

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Рекомендуемая литература

4.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл.адрес
--	---------------------	----------	-------------------	----------

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл.адрес
Л1.1	Рошин В. Е., Рошин А. В.	Физика пирометаллургических процессов: учебник	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2021	https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617669

4.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, которым обеспечен университет:

1. Операционная система Microsoft Windows (версии, поддерживаемые ТУ УГМК) или отечественные операционные системы на базе Linux, соответствующие требованиям информационной безопасности и поддерживаемые инфраструктурой университета.
2. Антивирус Касперского (лицензированное антивирусное решение, применяемое в ИТ-инфраструктуре университета).
3. Средства сетевой безопасности и фильтрации трафика SkyDNS.
4. Офисное программное обеспечение семейства Microsoft или совместимый офисный пакет («Р7-Офис», OnlyOffice, LibreOffice), обеспечивающий работу с текстовыми документами, электронными таблицами, презентациями и базовыми форматами обмена.
5. Браузеры и средства доступа к веб-ресурсам (Яндекс.Браузер, Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge), настроенные на работу с ЭИОС, библиотечными и образовательными онлайн-платформами, с установленными сертификатами МинЦифры РФ.
6. Средства работы с архивами и файловой системой (например, 7-Zip, WinRAR или встроенные средства операционной системы).
7. Средства просмотра и обработки PDF-документов Adobe Acrobat Reader, или встроенные средства ОС.
8. Графический редактор Paint.NET или его кроссплатформенные аналоги (GIMP и др).
9. Текстовый редактор Visual Studio Code или совместимые кроссплатформенные решения с открытым исходным кодом.

4.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

4.2.2.1	Справочная правовая система КонсультантПлюс
4.2.2.2	Российские журналы в свободном доступе научной электронной библиотека eLIBRARY.RU

5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Общая характеристика учебных аудиторий и иных помещений

Дисциплина (модуль, практика) реализуется в учебных аудиториях для проведения учебных занятий, оснащенных оборудованием и техническими средствами обучения.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа укомплектованы учебной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование для предоставления учебной информации аудитории (стационарное или переносное) и (при необходимости) звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное).

Учебные аудитории для проведения практических занятий, в том числе семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации укомплектованы учебной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование (стационарное или переносное) и (при необходимости) звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное).

Помещение для самостоятельной работы оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.

Актуальные сведения о наличии оборудованных учебных кабинетов и объектов для проведения практических занятий представлены в специальном разделе «Сведения об образовательной организации» официального сайта университета.

5.2 Перечень специализированных аудиторий, оснащенных лабораторным оборудованием (заполняется при необходимости)

Ауд. №	Назначение	Оснащение
--------	------------	-----------

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- Изучение рабочей программы дисциплины.
- Обязательная подготовка к практическим занятиям.
- Изучение основной и дополнительной литературы, интернет-источников.
- Выполнение всех видов самостоятельной работы.

Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы. Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети "Интернет" организован в читальном зале библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Пользование информационными ресурсами расширяет возможности освоения теоретического курса, выполнения самостоятельной работы.

Практические занятия включают в себя освоение действий, обсуждение проблем по основным разделам курса и направлены на углубление изученного теоретического материала и на приобретение умений и навыков. Самостоятельная работа студентов включает освоение теоретического материала, подготовку к выполнению заданий практических занятий, и подготовку к аттестации.

Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости программа дисциплины может быть адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и необходимых специальных условий их обучения.

При наличии в группе студентов с ограниченными возможностями здоровья возможно использовать адаптивные технологии.

Для студентов с ограниченным слухом:

- использование разнообразных дидактических материалов (карточки, рисунки, письменное описание, схемы и т.п.) как помощь для понимания и решения поставленной задачи;
- использование видеоматериалов, которые дают возможность понять тему занятия и осуществить коммуникативные действия;
- выполнение проектных заданий по изучаемым темам.

Для студентов с ограниченным зрением:

- использование фильмов с возможностью восприятия на слух даваемой в них информации для последующего ее обсуждения;
- использование аудиоматериалов по изучаемым темам, имеющимся на кафедре;
- индивидуальное общение с преподавателем по изучаемому материалу;
- творческие задания по изучаемым темам или по личному желанию с учетом интересов обучаемого.