

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого

_____ О.Д.Асенчик

(подпись)

_____ 30.06. 2022

(дата утверждения)

Регистрационный № УД –33– 131/уч.

Технологическое оборудование металлургических цехов

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для

специальности

1-42 01 01 «Металлургическое производство и
материалобработка (по направлениям)»

направления

1–42 01 01-01 «Металлургическое производство
и материалобработка (металлургия)»

специализации

1–42 01 01–01 02 «Электрметаллургия черных и цветных металлов»

Учебная программа составлена на основе:
образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-42 01 01-2019 от 17.04.2019г. №38; учебных планов первой ступени высшего образования по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»: I 42-1-17/уч. от 06.02.2019, I 42-1-10/уч. от 05.02.2020.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Жаранов Виталий Александрович, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

РЕЦЕНЗЕНТ:

Зюзьков Евгений Александрович, главный металлург ОАО «ГЛЗ «ЦЕНТРОЛИТ»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 22.04.2022);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 10 от 12.05.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 28.06.2022).

Регистрационный номер МТФ УД-17-03/уч от 15.05.2022

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины «Технологическое оборудование металлургических цехов» подготовлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-42 01 01-2019 от 17.04.2019г. №38; учебных планов первой ступени высшего образования по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»: : I 42-1-17/уч. от 06.02.2019, I 42-1-10/уч. от 05.02.2020.

Внедрение и интенсивное развитие новых прогрессивных технологий: внепечной обработки и непрерывной разливки, а также кардинальные изменения в технологии производства электростали и повышение производительности дуговых печей привели к тому, что сегодня мини-заводы стали вполне конкурентоспособными в сравнении с традиционными металлургическими комбинатами. В наши дни мини-заводы находят применение как в промышленных регионах, успешно конкурируя с традиционными металлургическими комбинатами, так и в регионах со слабо развитой промышленностью, способствуя развитию местных рынков. С развитием электросталеплавильного производства и увеличением доли мини-заводов появились различные концепции их создания, связанные с составом оборудования и производственными мощностями. Как и в большинстве новых эффективных направлений развития техники, идея сочетания наукоемких, энергосберегающих, экологически чистых технологий (современные виды производства электростали, непрерывного литья и прокатки) в одном комплексе действующих на альтернативных видах сырья была разработана одновременно в нескольких странах. Разрабатываются специальные процессы электроплавки, позволяющих получать металлы и изделия ответственного назначения с высоким уровнем эксплуатационных свойств. Особое значение приобретает применение природного металлургического сырья в связи с ужесточением требований по качеству производимой металлопродукции и расширением марочного сортамента при прогрессирующем ухудшении качества металлолома.

Курс «Технологическое оборудование металлургических цехов» — дисциплина комплексная, включающая рассмотрение элементов и конструкций основного металлургического оборудования и печей, их электрического и механического состава, а также электрической и тепловой работы в комплексной взаимосвязи. Неотъемлемой составной частью современного мини-завода является также оборудование для подготовки основного сырья: скрапа и металлизированных (частично восстановленных) рудосодержащих материалов, а также внепечной обработки жидкой стали. Наблюдается тенденция (особенно в развивающихся странах, испытывающих нехватку собственного металлолома) оснащения заводов средствами производства железосодержащего сырья (металлизированных окатышей, губчатого железа, жидкого чугуна и т.д.) методами прямого и жидкофазного

восстановления - агрегаты Midrex, HYL, Corex, Ромелт и др. Включение подобных агрегатов в состав мини-заводов является весьма актуальным ввиду периодически обостряющейся проблемы нехватки скрапа, в том числе и в промышленно развитых странах.

Опыт последних лет показывает необходимость тщательного анализа и технико-экономических обоснований целесообразности создания нового металлургического производства в конкретных местах с учетом наличия спроса на металлопродукцию, запасов сырья и стабильных источников их пополнения, энергоносителей и трудовых ресурсов, экологических показателей, расположения основных поставщиков исходных материалов и потребителей продукции и т. д. Современные специалисты-электрометаллурги должны обладать комплексными компетенциями в области оборудования основных и вспомогательных производственных процессов. Характер взаимодействия производств в народном хозяйстве настолько сложен, что требует от специалистов понимания процессов и оборудования смежных отраслей, от энергетики до транспорта. Тем не менее, широта охвата материала этого курса и непрерывное изменение техники производства вызвали необходимость включения в программу лекционного курса лишь фундаментальных основ дисциплины. Детальное изучение конструкций оборудования и установок, а также отдельных технологических приёмов должно происходить при выполнении практических работ.

Цель и задачи учебной дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Технологическое оборудование металлургических цехов» - создание у студентов представления о различных видах оборудования металлургических цехов, их рабочих процессах, технологических возможностях, областях и сопоставимой эффективности применения. Необходимо научить студентов обоснованно выбирать технологическое оборудование при проектировании новых производств, эффективно эксплуатировать технологическое оборудование металлургических предприятий, осуществлять его модернизацию для достижения более высоких технико-экономических показателей.

Также, целью является развитие у студентов инженерно-конструкторского подхода при изучении существующих металлургических агрегатов, навыков и способностей оценки их недостатков и путей устранения; обучение студентов способности глубоко понимать тенденции и направление мирового развития и совершенствования высоких технологий в металлургии.

Задачи:

- познакомить студентов с устройством и принципом работы основного технологического оборудования металлургических цехов, областью применения и технологическими параметрами металлургических машин;
- научить определять основные показатели работы оборудования;

- привить студентам практические навыки, необходимые при подборе и расчете технологического оборудования металлургических заводов.

Требования к освоению учебной дисциплины соответствуют блоку дисциплин специализации в учебном плане специальности «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)». В результате освоения данной дисциплины студенты приобретают знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей образовательного стандарта. Дисциплина нацелена на подготовку выпускников к производственной деятельности в области разработки технологических процессов и агрегатов электрометаллургии, внепечной обработки и ковшовой обработки жидких металлов и сплавов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- принцип действия и конструкцию технологического оборудования, применяемого на металлургических предприятиях;
- структуру, назначение, взаимосвязь, устройство и работу технологического оборудования, применяемого на металлургических предприятиях;
- передовые методы эксплуатации технологического оборудования, современное состояние и перспективы развития металлургического производства;
- основы и этапы проектирования технологического оборудования металлургических предприятий;
- основные научно-технические проблемы эксплуатации технологического оборудования металлургических предприятий;
- алгоритмы и способы повышения эффективности эксплуатации оборудования технологических процессов в металлургии.

уметь:

- организовывать выполнение работ по эксплуатации и конструированию технологического оборудования для получения металлов;
- производить расчеты основных параметров оборудования, выдвигать и обосновывать предложения по модернизации оборудования;
- выбирать и обосновывать согласно техническому заданию, наиболее совершенную конструкцию технологического оборудования с выполнением необходимых энергосиловых расчетов;
- находить нестандартные решения профессиональных задач, применять современные методы и средства исследования, проектирования, технологической подготовки производства и эксплуатации электроэнергетических и электротехнических объектов металлургического производства;

- анализировать технологические, эксплуатационные и экологические требования к металлургическому оборудованию, как основополагающие требования при проектировании агрегатов;
- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для реализации процессов и технологий металлургического производства;
- составлять технологические схемы процессов плавки сталей в специальных типах печей, включая дуплекс и триплекс процессы;
- выбирать и рассчитывать рациональные режимы и параметры плавильных установок
- оптимизировать работу цехового оборудования для электроплавки, разливки и внепечной обработки.

владеть:

- основными приемами составления материальных и энергетических балансов;
- навыками компоновки схем автоматизации оборудования металлургических цехов, в т. ч. специальных типов;
- методиками определения конструктивных и технологических факторов печей, обеспечивающих надежность и эффективность эксплуатации.

Требования к компетентности специалиста

Специалист, освоивший содержание образовательной программы по специальности, должен обладать следующей специализированной компетенцией:

Знать функциональное назначение, устройство, принцип действия и правила безопасной эксплуатации оборудования металлургических цехов, владеть методиками расчёта параметров и навыками конструирования и проектирования типовых узлов оборудования металлургических цехов.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- умение выбора рациональных способов производства черных металлов;
- навыки анализа и оценки тенденций развития техники и технологий.

Связь с другими учебными дисциплинами

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких курсов, как «Общая металлургия», «Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов», «Автоматизация технологических процессов», «Химия», «Компьютерное проектирование», «Металлургическая

теплотехника и теплоэнергетика», «Математика».

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной учебной дисциплины, необходимы для освоения специальных дисциплин и дисциплин специализации, связанных с процессами плавки и внепечной обработки сплавов черных и цветных металлов, способами упрочнения заготовок, проектированием цехов, способами металлургической переработки отходов производства и потребления. Также комплекс полученных знаний необходим для успешного выполнения дипломного проекта.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Технологическое оборудование металлургических цехов» в соответствии с учебными планами по специальности 1–42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» составляет - 148 часов. Трудоёмкость дисциплины составляет: 5 зачётных единиц.

Форма получения высшего образования: дневная

Курс	4
Семестр	7
Лекции (часов)	52
Лабораторные занятия (часов)	–
Практические занятия (часов)	34
Всего аудиторных (часов)	86
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине	
Экзамены, семестр:	7
Курсовой проект, семестр	7

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

Тема 1.1. Общая характеристика металлургического оборудования.

Значение металлургии в народном хозяйстве. Цветная и черная металлургия Республики Беларусь. Перспективы развития металлургии в Республике Беларусь. Классификация и удельный вес различных видов металлургической промышленности в объеме производства металлов. Общие характеристики технологического оборудования металлургической промышленности. Условия работы и требования к металлургическому оборудованию с учетом интенсификации технологических процессов.

Тема 1.2. Исходные материалы и их подготовка.

Основные виды и характеристики металлолома. Технологии и оборудование для подготовки металлолома. Предварительно восстановленное рудосодержащее сырье. Технология и оборудование для получения металлизированного рудосодержащего сырья и чугуна. Шлакообразующие смеси и ферросплавы. Технологические маршруты подготовки и подачи сырьевых материалов.

Тема 1.3. Машины и агрегаты для подготовки материалов к сталеплавильному переделу

Машины и агрегаты для подготовки и нагрева стружки. Ломоперерабатывающее оборудование: механические, гидравлические и аллигаторные ножницы. Прессовое оборудование. Пакетировочные и брикетировочные прессы. Линии подготовки материалов к плавке. Сепарация и оборудование для удаления загрязнений.

Тема 1.4. Грузоподъемное и транспортное оборудование.

Грузозахватные устройства шихтовых кранов. Ленточные конвейеры. Крановые завалочные машины. Машины для загрузки электропечей шлакообразующими материалами.

Тема 1.5. Разновидности современных мини-заводов и применяемых технологических процессов.

Виды продукции, освоенной мини-заводами. Технологические схемы производства на мини-заводах. Маршрутные технологии сталеплавильного производства. Маршрутные технологии прокатного производства. Комплексные технологические схемы мини-заводов, выпускающих сортовой прокат. Комплексные технологические схемы мини-заводов, выпускающих полосовой прокат. Технологические схемы мини-заводов, производящих комбинированную продукцию.

РАЗДЕЛ 2. ОБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Тема 2.1. Машины и агрегаты кислородно-конвертерных цехов.

Устройство кислородных конвертеров и их узлов. Конструкции кислородных конвертеров черной и цветной металлургии. Приводы. Механизмы поворота конвертеров и их расчет.

Тема 2.2. Дуговые сталеплавильные печи.

Конструкция электропечей и их механизмов. Конструкция корпуса и сводового кольца. Конструкции электрододержателей. Устройство механизмов зажима и перемещения электродов. Устройство механизмов наклона, поворота и перемещения корпуса и свода печей. Электроды. Оборудование для электромагнитного перемешивания металла.

Тема 2.3. Оборудование для внепечной обработки стали.

Установки для продувки стали инертным газом. Оборудование для продувки жидкого металла порошкообразными материалами. Установка комплексной обработки металла в ковше. Оборудование для вакуумной обработки металла. Ковшевые вакууматоры. Вакуумирование металла в выносных вакуумных камерах.

Тема 2.4. Перспективы развития процессов электроплавки.

Современные тенденции в металлургии по совершенствованию и развитию специальных процессов электроплавки сталей и сплавов.

РАЗДЕЛ 3. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ КОНЦЕПЦИИ МИНИЗАВОДОВ

Тема 3.1. Современное сталеплавильное оборудование в составе мини-заводов.

Дуговые печи переменного тока. Дуговые печи постоянного тока. Шахтные печи. Агрегаты Consteel с непрерывной боковой подачей шихты. Индукционные печи. Новые перспективные методы получения жидкой стали.

Тема 3.2. Оборудование для разлива стали, машины для непрерывного литья заготовок.

Сталеразливочные ковши. Стопорные затворы. Скользящие затворы. Разливочные краны. Конструкции машин непрерывного литья заготовок. Слябовые машины. Сортовые машины. Горизонтальные МНЛЗ. Сталеразливочные стенды. Конструкции кристаллизаторов. Механизмы качания кристаллизаторов. Оборудование для электромагнитного перемешивания жидкой фазы литого слитка. Приводные и неприводные роликовые проводки.

Тема 3.3. Прокатное оборудование.

Сортопрокатное оборудование. Состав и компоновка сортопрокатных

станов. Оборудование для черновой прокатки сортовых заготовок. Конструкции прокатных клетей. Оборудование для обработки проката.

Тема 3.4. Литейно-прокатные агрегаты.

Основные разновидности литейно-прокатных агрегатов, технико-экономические характеристики и преимущества. Сортовые литейно-прокатные агрегаты. Особенности совмещения различных вариантов литья и прокатки сортовых заготовок. Основные виды сортовых литейно-прокатных агрегатов. Полосовые литейно-прокатные агрегаты. Литейно-прокатные агрегаты со среднеслябовыми МНЛЗ. Литейно-прокатные агрегаты с тонкослябовыми МНЛЗ. Литейно-прокатные агрегаты с планетарными станами. Литейно-прокатные агрегаты с прямым литьем полосы. Основные тенденции развития литейно-прокатных агрегатов.

Тема 3.5. Основные принципы организации мини-заводов и их характерные особенности.

Состав мини-завода. Основные и вспомогательные цехи. Генеральный план и транспорт. Компоновка основного технологического оборудования. Техничко-экономические показатели.

Тема 3.6. Экологические требования и характеристики оборудования.

Системы удаления и очистки отходящих газов. Источники газо- и пылегазовыделений. Системы удаления и очистки газов дуговых печей. Системы удаления и очистки газов агрегатов внепечной обработки стали. Комплексные системы удаления и очистки газов электросталеплавильного производства. Средства борьбы с шумом и вибрацией. Системы водоочистки и водоподготовки. Утилизация отходов. Комплексные мероприятия по защите окружающей среды при строительстве мини-заводов.

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Цель курсового проекта: углубление знаний и приобретение практических навыков самостоятельной работы по применению знаний и навыков по технологическому оборудованию металлургического производства. Данный проект включает разделы, которые могут составлять значительную часть выполнения дипломного проекта.

Выполнение курсового проекта студентами проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений по общепрофессиональным и специальным дисциплинам;
- углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования умений студентов использовать справочную, нормативную и правовую документацию;

- развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности студентов.

В процессе получения теоретических знаний на лекциях и закрепления их на практических занятиях, при изучении опыта металлургических предприятий студенты должны научиться решать практические задачи по выплавке стали в электропечах, самостоятельно принимать правильное решение в конкретной ситуации, совершенствовать действующие технологии.

Курсовой проект выполняется после изучения теоретической части учебной дисциплины и заключается в разработке или совершенствовании оборудования для предлагаемой технологической цепочки от подготовки шихтовых материалов до разливки металлической заготовки. Количество часов на выполнение курсового проекта в соответствии с учебным планом университета по специализации 1–42 01 01-01–80 часов. Трудоёмкость, выражаемая в зачётных единицах, - 2.

Работая над курсовым проектом, студенты закрепляют и углубляют полученные теоретические знания и практические навыки, учатся самостоятельно использовать методики проектирования агрегатов технологических процессов металлургического производства, выполнять анализ и обобщение результатов, а также качественно оформлять электронную конструкторско-технологическую документацию и представлять выполненный проект в законченном виде, используя справочные материалы и научно-техническую литературу.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки с необходимыми расчётами и графической части.

Пояснительная записка должна содержать полное описание проектируемого или совершенствуемого технологического процесса с необходимым объёмом технологических расчётов, конструкции применяемого печного и вспомогательного оборудования с необходимым объёмом конструкторских и прочностных расчётов, выполненных по возможности с использованием функционала систем САПР ТП. Пояснительная записка оформляется на листах формата А4 в соответствии с требованиями действующего стандарта на оформление текстовых документов ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам» с использованием компьютерных средств - текстового редактора MS Word.

Графическая часть должна состоять из 4 листов ватмана формата А1, на которых должны быть представлены результаты проектирования.

Курсовой проект выполняется в соответствии с методическими указаниями, разработанными на кафедре «МиТОМ».

Чертежи и схемы в виде законченных конструкторских самостоятельных документов или рисунков, в зависимости от характера проекта, могут представляться как на отдельных листах, используемых при публичной защите, так и в составе текстового документа.

Тема курсового проекта может быть предложена обучающимся при условии обоснования им её целесообразности. Тема курсового проекта может быть связана с программой практики. Курсовой проект может стать составной частью выпускной квалификационной работы.

Научно-исследовательские проекты студентов по дисциплине могут включать макеты или модели спроектированных изделий, детали, образцы, стенды демонстрационные, комплекты слайдов, видеофильмы, программные комплексы, продукт, модуль (библиотека), являющиеся результатом работы студента.

Текстовый документ и графическая часть курсового проекта в обязательном порядке проходят нормоконтроль.

Курсовой проект является одной из форм промежуточной аттестации, выполняется в сроки, предусмотренные учебным планом.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЦЕХОВ						
1.1	Общая характеристика металлургического оборудования	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.2	Исходные материалы и их подготовка	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.3	Машины и агрегаты для подготовки материалов к сталеплавильному переделу	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.4	Грузоподъемное и транспортное оборудование	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
1.5	Разновидности современных мини-заводов и применяемых технологических процессов	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2	ОБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА						
2.1	Машины и агрегаты кислородно-конвертерных цехов	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.2	Дуговые сталеплавильные печи	2	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
2.3	Оборудование для внепечной обработки стали	5	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен

2.4	Перспективы развития процессов электроплавки	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3	МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ КОНЦЕПЦИИ МИНИЗАВОДОВ						
3.1	Современное сталеплавильное оборудование в составе мини-заводов	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.2	Оборудование для разливки стали, машины для непрерывного литья заготовок	4	4				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.3	Прокатное оборудование	3	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.4	Литейно-прокатные агрегаты	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.5	Основные принципы организации мини-заводов и их характерные особенности	5	4				устный опрос, защита отчёта, экзамен
3.6	Экологические требования и характеристики оборудования	4	2				устный опрос, защита отчёта, экзамен
	Всего (часов):	52	34				
	Курсовой проект					80	Защита курсового проекта

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Егоров, А. В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей: учеб. пособие для вузов / А. В. Егоров. - Москва: МИСИС, 2000. - 272с.
2. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали : учебник для вузов. - Москва : Мир : АСТ, 2003. - 527с.
3. Теплотехника металлургического производства: учеб. пособие для вузов. Том 2. Конструкции и работа печей / под ред. В. А. Кривандина. - Москва: МИСИС, 2002. - 734с.
4. Тимофеева, А. С. Теплофизика металлургических процессов : учебное пособие для вузов / А. С. Тимофеева, В. В. Федина ; под ред. А. С. Тимофеевой. - 2-е изд.. - Старый Оскол : ТНТ, 2018. - 135 с.
5. Электрометаллургия стали и ферросплавов/ Поволоцкий Д.Я., Роцин В. Е., Мальков Н.В.-М.: Металлургия, 1995. - 592 с.
6. Роцин, В. Е. Физика пирометаллургических процессов: учебник / В. Е. Роцин, А. В. Роцин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 304 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617669> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0701-4. – Текст: электронный.
7. Проектирование цехов сталеплавильного производства: учебник / К. Н. Вдовин, В. Ф. Мысик, В. В. Точилкин, Н. А. Чиченев. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 528 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617691> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0522-5. – Текст: электронный.
8. Физическое моделирование технических систем сталеплавильного производства: учебное пособие: [16+] / С. П. Еронько, Е. В. Ошовская, М. Ю. Ткачев и др. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 324 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617596> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0699-4. – Текст: электронный.
9. Роцин, В. Е. Электрометаллургия и металлургия стали: учебник / В. Е. Роцин, А. В. Роцин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 576 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617668> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0630-7. – Текст: электронный.

10. Жук, В. Л. Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях: учебное пособие: [16+] / В. Л. Жук, В. И. Заика, И. В. Тупилко; под ред. А. А. Троянского. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 212 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617698> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0730-4. – Текст: электронный.

11. Макаров, А. Н. Электротехнологические установки: учебное пособие / А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 287 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618536> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр.: с. 268-272. – ISBN 978-5-9729-0583-6. – Текст: электронный.

12. Богданов, Р. А. Автоматизация литейных печей: учебное пособие: [16+] / Р. А. Богданов; науч. ред. С. В. Давыдов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 160 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617587> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр.: с. 153. – ISBN 978-5-9729-0713-7. – Текст: электронный.

13. Дуговые электропечи: учебное пособие / А. И. Алиферов, Р. А. Бикеев, Л. П. Горева и др.; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016. – 204 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576190> (дата обращения: 16.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-2813-9. – Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Автоматизация металлургических печей [Учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Теплотехника и автоматизация металлург. печей] / под ред. О. М. Блинова. - Москва: Металлургия, 1975. - 376 с

2. Арутюнов В. А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей: учебник для вузов / под науч. ред. В. А. Арутюнова. - Москва: Металлургия, 1990. - 238с.

3. Багров, О. Н. Испарительное охлаждение печей в цветной металлургии / О. Н. Багров. - Москва: Металлургия, 1979. - 160 с.

4. Байдалов Б. А. Экология и экономика процессов очистки отходящих газов после дуговых электросталеплавильных печей // Литье и металлургия = 2009. - № 2. - С. 225-227.

5. Великин, Б. А. Торкретирование металлургических печей / Б. А. Великин. - Москва: Металлургия, 1972. - 280 с.

6. Воителев, В. В. Механическое оборудование печей: учеб. пособие для вузов / В. В. Воителев, Е. И. Могилевский. - Москва: Металлургия, 1991. - 148 с.

7. Горелочные устройства промышленных печей и топок: (конструкции и технические характеристики): справочник / А. А. Винтовкин [и др.]. - Москва: Интернет Инжиниринг, 1999. - 552с.

8. Лапшин И. В. Автоматизация дуговых печей. - Москва: МГУ, 2004. - 166с.

9. Мастрюков Б. С. Теплотехнические расчеты промышленных печей: учебное пособие для техникумов. - Москва: Metallurgy, 1972. - 368с.

10. Metallurgical heat engineering: textbook for universities: in 2 vols. / V. A. Krivandin, I. N. Nеведомская, V. V. Kobaхидзе and др.; под науч. ред. В. А. Кривандина. - Москва: Metallurgy, 1986. - 590с.

11. Metallurgical heat engineering: textbook for universities: in 2 vols. / V. A. Krivandin, V. A. Arutyunov, B. S. Mastryukov and др.; под ред. В. А. Кривандина. - Москва: Metallurgy, 1986. - 422 с.

12. Сойфер В. М. Огнеупоры для дуговых сталеплавильных печей малой емкости: справочник. - Москва: Metallurgy, 1994. - 192 с.

13. Фотиев, М. М. Электропривод и электрооборудование металлургических и литейных цехов : учеб. для вузов / М. М. Фотиев. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Metallurgy, 1983. - 288 с.

14. Электрометаллургия стали и ферросплавов/ Крамаров А.Д., Соколов А.Н.-М.: Metallurgy, 1976. - 376 с.

15. Ярошенко Ю. Г. Тепловая работа и автоматизация печей: введение в специальность: учебное пособие для вузов / Ю. Г. Ярошенко. - Москва: Metallurgy, 1984. - 207 с.

16. Специальные процессы электроплавки сталей: практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-42 01 01 "Metallurgical production and material processing" specialization 1-42 01 01-01 02 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" дневной и заочной форм обучения / Л. Е. Ровин ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Metallurgy and casting production". - Гомель : ГГТУ, 2014 - 57 с.

Электронный учебно-методические документы и комплексы

1. Жаранов, В. А. Технологическое оборудование металлургических цехов : электронный учебно-методический комплекс дисциплины для студ. спец. 1-42 01 01 "Metallurgical production and material processing (by direction)", направление 1-42 01 01-01 02 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" / В. В. Жаранов ; кафедра "Metallurgy and technology of material processing". - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017.

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний, материалов и технических средств обучения

Набор плакатов и презентация - теория и технология электроплавки стали и ферросплавов.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины

реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических работ с использованием учебного и научного оборудования и приборов, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий;
- использование компьютерной техники для расчёта и обоснования выбора режимов обработки металлов.

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности		
	ЛК	ПР	СРС
Дискуссия	х	х	
IT-методы	х	х	х
Командная работа		х	
Опережающая СРС	х	х	х
Индивидуальное обучение			х
Проблемное обучение		х	х
Обучение на основе опыта		х	х

Рекомендуемые формы обучения студентов: чтение лекционного материала с постоянным контактом с аудиторией студентов; наполнение преподаваемого материала дополнительными поясняющими комментариями и примерами; использование мультимедийных средств обучения.

Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов: предварительное изучение материалов перед лекционными и практическими занятиями; плановая подготовка к экзамену посредством усвоения основных положений экзаменационных тем с последующим наполнением усвоенных основных положений дополнительной информацией.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые в виде дискуссий или докладов на занятиях и конференциях;
- решение проблемных вопросов в виде учебных дебатов, «мозгового штурма» и т. п. с использованием наглядных пособий, информационных технологий, навыков анализа и самостоятельности принятия инженерных решений.

Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Лекции предназначены для передачи учебной информации от преподавателя к студентам, направленной в основном на приобретение студентами новых теоретических знаний. При чтении лекций используется диалоговая форма с постановкой задач из области знаний уже прошедших студентами предметов.

Для проведения занятий в активной и интерактивной форме (не менее 20% от аудиторной нагрузки) могут использоваться следующие инновационные технологии:

- информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и практическим работам;
- работа в команде: совместная работа студентов в группе при выполнении заданий;
- представление теоретического и практического материала в виде мультимедиа презентаций для оптимизации конспектов по темам для самостоятельного изучения, при необходимости.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала.

Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области; формируются группы (команды); каждое занятие проводится по своему алгоритму.

При проведении практических занятий преследуются следующие цели:

- применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем;
- отработка командных навыков взаимодействия; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения.

Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

- изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
- после изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
- особое внимание следует уделить выполнению отчётов по практическим работам и по индивидуальным заданиям на самостоятельную работу.
- Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задаётся на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Также рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- выполнение индивидуальных расчётных заданий с консультациями преподавателя;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- защита курсового проекта;
- сдача экзамена.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

Обучающиеся допускаются к сдаче экзамена по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Контроль знаний студентов осуществляется путём устного опроса при выполнении практических работ и при приёме отчётов по практическим работам; устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ, тестового контроля по темам и разделам курса в ходе текущего контроля знаний; письменного и устного опроса на экзамене.

Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

Примерный перечень тем практических работ

1. Расчёт параметров работы МНЛЗ.
2. Исследование динамики затвердевания стального слитка в изложницах.
3. Исследование условий охлаждения непрерывнолитой заготовки в ЗВО.
4. Расчёты процессов дегазации расплавов.
5. Определение рационального положения оси вращения конвертера по условиям самовозврата в вертикальное положение.

6. Расчёт конструктивной прочности оборудования, работающего на разрыв при нагреве.

7. Применение методы конечных элементов для анализа двумерных задач прочности рамных конструкций.

8. Изучение общего алгоритма снижения массы деталей с использованием технологий топологической оптимизации конструкций.

9. Моделирование течения металла в промежуточных ковшах МНЛЗ с учётом процессов фильтрации.

10. Изучение принципов моделирования теплообмена в пространстве дуговой печи.

11. Изучение способов определения характеристик огнеупоров и теплоизоляций для металлургических печей.

12. Регрессионный анализ характеристик современных дуговых печей.

13. Расчёты оборудования для вторичной плавки и рециклинга легированных отходов.

14. Расчёты оборудования для реализации процессов утилизации шлаков и шламов, прессования и брикетирования.

15. Расчёты оборудования для интенсификации плавки в электрометаллургии.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Доменные печи. Оборудование доменных цехов. Принцип работы. Конструкция доменной печи и её основные элементы. Вспомогательное оборудование.
2. Процессы и установки бескоксовой металлургии железа. Альтернативные процессы получения чугуна и стали. Способы восстановления. Процессы твердофазного восстановления. Процессы жидкофазного восстановления.
3. Состояние и перспективы кислородно-конвертерного процесса. Развитие кислородно-конвертерного производства стали. Повышение производительности конвертеров. Особенности внепечной обработки металла в конвертерных цехах.
4. Машины и агрегаты кислородно-конвертерных цехов. Разновидности кислородно-конвертерного процесса производства стали. Устройство кислородных конвертеров и их узлов. Конструкции кислородных конвертеров. Приводы.
5. Машины и агрегаты для подготовки материалов к сталеплавильному переделу. Общие сведения о способах переработки лома. Машины и

- агрегаты для дробления стружки. Ломоперерабатывающее оборудование. Оборудование для сортировки лома.
6. Установки и оборудование предварительного подогрева шихты. Предварительный подогрев шихты. Общие принципы. Виды источников энергии на предварительный подогрев, параметры процесса. Схемы установок. Эффективность подогрева и вопросы экологии.
 7. Сталеплавильные цеха и организация их работы. Особенности организации работы. Основные отделения сталеплавильного цеха. Устройство и оборудование электросталеплавильных цехов. Автоматизация. Экология.
 8. Оборудование электросталеплавильных цехов. Конструкция электропечей и их механизмов. Конструкция корпуса и сводового кольца. Конструкции электрододержателей. Устройство механизмов зажима и перемещения электродов. Устройство механизмов наклона, поворота и перемещения корпуса и свода печей.
 9. Грузоподъемное и транспортное оборудование. Грузозахватные устройства шихтовых кранов. Ленточные конвейеры. Крановые завалочные машины. Машины для загрузки электропечей шлакообразующими материалами.
 10. Дуговые сталеплавильные печи (ДСП). Конструкция, технологический процесс, этапы плавки, энергетический баланс. Выбор мощности печного трансформатора.
 11. Современное состояние и перспективы развития дуговых сталеплавильных печей. Дуговые печи переменного и постоянного тока. Варианты конструктивного исполнения дуговых электропечей. Преимущества и недостатки выплавки стали в дуговых печах.
 12. Электроснабжение дуговых сталеплавильных печей. Электрическая схема дуговой печи. Электрическое оборудование печи. Электрод графитированный. Устройство короткой сети.
 13. Элементы конструкции ДСП. Кожух печи. Водоохлаждаемые панели. Водоохлаждаемый свод. Экономайзеры. Механизм наклона печи. Механизм подъема и поворота свода. Механизм зажима электродов. Механизм перемещения электродов.
 14. Футеровка ДСП. Конструкция футеровки ДСП. Служба футеровки и особенности ее эксплуатации. Монолитная футеровка дуговых печей. Водоохлаждаемые элементы футеровки.
 15. Электрические печи сопротивления. Классификация, области применения и характерные типы электрических печей сопротивления. Конструкции печей сопротивления периодического и непрерывного действия. Основные элементы электрической печи сопротивления (ЭПС).
 16. Расчёт нагревательных элементов печей сопротивления. Материалы, применяемые в электротермии. Требования, предъявляемые к материалам ЭПС. Материал и конструктивное исполнение

- нагревательных элементов. Режим работы, энергетический баланс и схема теплового расчёта печи.
17. Вакуумные дуговые печи. Область применения, конструкции, процесс наплавления слитка, энергетический баланс и рациональная эксплуатация, электрооборудование, источники питания и системы автоматического управления.
 18. Установки электрошлакового переплава. Рабочий процесс, области применения, конструкции, электрооборудование. Установки электрошлакового переплава специального назначения.
 19. Плазменные дуговые установки (ПДУ). Принцип действия и области применения плазменного нагрева. Технические средства повышения температуры электрических дуг. Устройство и рабочий процесс плазмотрона. Плазменные плавильные печи.
 20. Индукционные печи и установки. Физические основы и энергетические характеристики индукционных установок. Классификация и область применения. Преимущества индукционного нагрева.
 21. Индукционные канальные печи. Принцип действия, конструкция основных элементов канальных печей, режимы работы и технико-экономические показатели; методы рациональной эксплуатации.
 22. Индукционные тигельные печи. Принцип действия, конструкции, оптимальная частота, технико-экономические показатели. Сравнение тигельных и канальных печей.
 23. Электрическое оборудование индукционных плавильных установок. Электронные трансформаторы, конденсаторные батареи, регулятор электрического режима, Режим работы, регулирование нагрузки, компенсация реактивной мощности, экономия электроэнергии.
 24. Электронно-лучевая плавка (ЭЛП). Общая характеристика ЭЛП. Формирование электронного пучка. Конструкция установок ЭЛП. Технология ЭЛП.
 25. Печи для производства ферросплавов. Производство ферросплавов. Конструкция ферросплавных печей. Типы ферросплавных печей.
 26. Индукционные печи.
 27. Приход тепла. Расход тепла. Электрическая дуга как источник тепловой энергии. Дуга постоянного и переменного токов.
 28. Основные параметры рабочего пространства сталеплавильных печей.
 29. Свойства и дефекты конструкционной стали.
 30. Свойства и дефекты нержавеющей и жаропрочной стали
 31. Электрометаллургические печи для производства ферросплавов.
 32. Классификация электрометаллургических печей. Конструкция ферросплавных печей. Электроды.
 33. Электрооборудование и размеры рабочего пространства ферросплавных печей.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Производство отливок на основе железа	МиТОМ	нет	
Управление качеством продукции металлургического производства	МиТОМ	нет	
Производство отливок на основе цветных сплавов	МиТОМ	нет	
Проектирование цехов	МиТОМ	нет	
Новые процессы и материалы в металлургии	МиТОМ	нет	

Зав.кафедрой
«Металлургия и технологии
обработки материалов»

Ю. Л. Бобарикин