

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого

 О.Д. Асенчик
(подпись)

27.06.2018
(дата утверждения)

Регистрационный № УД-33-401уч.

Расчет и проектирование электропечей

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

- | | |
|------------------|---|
| 1-42 01 01 | Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям) |
| | направление специальности: |
| 1-42 01 01-01 | Металлургическое производство и материалобработка (металлургия) |
| | специализация: |
| 1-42 01 01-01 02 | Электрометаллургия черных и цветных металлов |

Учебная программа составлена на основе: образовательного стандарта ОСВО 1-42 01 01-2013; учебного плана учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» рег. № 142-1-15/уч. от 11.02.2016.

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Бардюгов Николай Николасвич, главный металлург ОАО «СтанкоГомель»
Рудченко Юрий Александрович, заместитель декана заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.т.н., доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

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

(протокол № 4 от 23.04.2018)

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

(протокол № 6 от 15.05.2018)

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

(протокол № 5 от 26.06.2018)

Регистрационный номер МТФ УД 026-18/уч. от 15.05.18

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа «Расчет и проектирование электропечей» подготовлена в соответствии со следующими нормативными документами: образовательный стандарт высшего образования первой ступени специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» (ОСВО 1-42 01 01-2013), утвержденный и введенный в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. № 87; типовой учебный план специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» высшего образования первой ступени (регистрационный № I 42-1-004/тип), утвержденный Министерством образования Республики Беларусь 28.06.2013 г.

Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является изучение физических основ электронагрева и плавления, конструкций и принципов проектирования и рациональной эксплуатации электрических печей металлургического производства (ЭМП) для последующего использования в профессиональной деятельности.

Основные задачи учебной дисциплины:

- получение студентами навыков по физическим основам электроплавки и электронагрева и методиками расчета и проектирования ЭМП;
- освоение информации о материалах, применяемых в ЭМП в различных условиях (в зависимости от технологического процесса, температурного режима, среды);
- обучение принятию и обоснованию конкретных технических решений при проектировании ЭМП различных классов;
- обучение организации технологического процесса в ЭМП и работу групп ЭМП с учетом требований энерго- и ресурсосбережения.

Также, целью преподавания данной дисциплины является развитие у студентов инженерно-конструкторского подхода при изучении существующих металлургических агрегатов, оценки их недостатков и путей устранения; обучение студентов навыкам понимать тенденции и направление мирового развития и совершенствования металлургических печей и вспомогательного оборудования. Студенты должны выполнить курсовой проект по разработке прогрессивного оборудования современной электропечной установки и спроектировать необходимую техническую документацию.

В результате изучения учебной дисциплины «Расчет и проектирование электропечей» студент должен:

знать:

- современные естественнонаучные и прикладные задачи электротехники и энергетики, методы и средства их решения в научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственно-технологической и других видах профессиональной деятельности;

- технологии и средства обработки информации и оценки результатов применительно к решению профессиональных задач;
- основные источники научно-технической информации по материалам, используемым в электропечестроении, конструкциям и эксплуатации ЭПМП;
- материалы, применяемые в электропечестроении, их классификацию и маркировку;
- методики расчета и проектирования ЭПМП различных классов.

уметь:

- находить нестандартные решения профессиональных задач, применять современные методы и средства исследования, проектирования, технологической подготовки производства и эксплуатации электроэнергетических и электротехнических объектов металлургического производства;
- эксплуатировать, проводить испытания и ремонт ЭПМП;
- анализировать технологические, эксплуатационные и экологические требования к электротехнологическому оборудованию, как основополагающие требования при проектировании электротехнологических установок;
- использовать прикладные программные средства для моделирования процессов электронагрева сопротивления и расчета ЭПМП;
- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы;
- выбирать конструкционные материалы для изготовления основных элементов ЭПМП и конструктивные решения ЭПМП в зависимости от условий работы.

владеть:

- современными измерительными и компьютерными системами и технологиями, навыками оформления, представления и защиты результатов решения профессиональных задач;
- навыками расчета тепловых и электрических режимов ЭПМП;
- информацией о технических параметрах установок ЭПМП для использования их в профессиональной деятельности.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-6. Уметь работать в коллективе.

ПК-1. Проводить расчет состава шихты для плавки стали, чугунов, алюминиевых, медных и цинковых сплавов;

ПК-3. Выбирать плавильные агрегаты и нагревательные печи, разрабатывать технологические процессы плавки и термической обработки, обеспечивающие высокое качество отливок и заготовок;

ПК-4. Владеть вопросами металлургической переработки лома и отходов производства;

ПК-6. Использовать компьютерную технику для расчета состава шихты и обоснования выбора литниково-питающей системы и режимов нагрева заготовок;

ПК-8. Обосновывать технологические параметры процесса рафинирования в зависимости от предъявляемых требований к отливкам и литым заготовкам;

ПК-9. Разрабатывать мероприятия по снижению потребления материалов и энергоресурсов при производстве отливок;

ПК-12. Предлагать системы эффективных очистных сооружений, используя информацию о вредных выбросах от металлургических агрегатов;

ПК-16. Обеспечивать обучение работающего персонала правилам безопасности и осуществлять своевременный инструктаж и проверку знаний;

ПК-17. Осуществлять оперативный контроль за функционированием основного технологического оборудования и режимами его работы;

ПК-18. Разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в создании стандартов и нормативов, в составе группы специалистов;

ПК-21. Анализировать и оценивать тенденции развития техники и технологий;

ПК-22. Быть готовым к изменению вида и характера своей профессиональной деятельности, к работе над комплексными проектами;

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов:

- проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, способностью разрешать проблемные ситуации;
- использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности;
- находить творческие решения профессиональных задач, принимать нестандартные решения;
- вскрывать естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;
- применять современные методы исследования, проводить технические испытания и (или) научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы;
- профессионально эксплуатировать современное оборудование;
- формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;
- применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений;
- применять основы инженерного проектирования технических объектов;

- применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности;
- принимать решения с учетом энерго- и ресурсосбережения;
- внедрять достижения отечественной и зарубежной науки и техники;
- осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов и управление ими;
- проводить экспертизу проектно-конструкторских и технологических решений.

Связь с другими учебными дисциплинами

Перечень дисциплин и разделов, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины: «Математика», «Физика», «Химия», «Введение в инженерное образование», «Общая металлургия» «Теория металлургических процессов», «Электротехника и электроника».

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Расчет и проектирование электропечей» в соответствии с учебным планом по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» составляет - 310 часов. Трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц. Трудоемкость курсового проекта -1,5 зачётных единицы.

Форма получения высшего образования: дневная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

| | |
|------------------------------------|-----|
| Курс | 4 |
| Семестр | 7,8 |
| Лекции (часов) | 66 |
| Практические занятия (часов) | 50 |
| Лабораторные занятия (часов) | 16 |
| Всего аудиторных (часов) | 132 |
| Формы текущей аттестации, семестр: | |
| Экзамен | 7,8 |
| Курсовой проект | 8 |

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1 Электрические печи сопротивления.

Классификация, области применения и характерные типы электрических печей сопротивления. Конструкции печей сопротивления периодического и непрерывного действия. Материалы, применяемые в электротермии. Материал и конструктивное исполнение нагревательных элементов.

Режим работы, энергетический баланс и схема теплового расчета печи. Расчет нагревательных элементов.

Электрооборудование и электроснабжение печей сопротивления косвенного действия. Комплектные устройства. Измерение и регулирование температуры. Тиристорные источники питания, их влияние на цеховую электрическую сеть. Рациональная эксплуатация, повышение производительности печей, экономия электроэнергии. Перспективные виды печей. Охрана труда, техника безопасности.

Установки прямого нагрева: конструкции, электрооборудование, схемы питания и управления.

Тема 2 Индукционные печи и установки.

Физические основы и энергетические характеристики индукционных установок. Классификация и область применения. Преимущества индукционного нагрева.

Расчет параметров индукционных тигельных печей. Определение геометрических размеров системы индуктор – металл. Общие сведения. Тепловой расчет. Определение полезной энергии. Определение тепловых потерь. Определение активной мощности, выделяемой в металле. Расчет системы охлаждения индуктора. Электрический расчет. Обоснование выбора рабочей частоты тока. Расчет электрических параметров. Расчет конденсаторной батареи. Расчет ферромагнитного экрана. Определение геометрических размеров и электрических параметров устройства электромагнитного перемешивания (ЭМП) металла. Составление энергетического баланса. Общие сведения. Определение удельного расхода электроэнергии. Механический расчет. Определение координат центра тяжести (масс). Расчет механизма наклона.

Индукционные каналные печи: принцип действия, конструкция основных элементов каналных печей, режимы работы и технико-экономические показатели; методы рациональной эксплуатации.

Индукционные тигельные печи: принцип действия, конструкции, оптимальная частота, технико-экономические показатели. Сравнение тигельных и каналных печей.

Тема 3 Индукционные установки. Оборудование. Технология. Эксплуатация.

Электрооборудование, схемы питания и управления индукционных установок промышленной частоты. Электротепловые трансформаторы, конденсаторные

батареи, коммутационная и защитная аппаратура, щиты управления и сигнализации; регулятор электрического режима.

Режим работы, регулирование нагрузки, компенсация реактивной мощности, экономия электроэнергии, техника безопасности.

Электрооборудование, схемы питания и управления индукционных установок средней частоты, Эл.машинные и тиристорные преобразователи частоты, согласующие трансформаторы, комплексные распреедустройства, контакторы средней частоты, тиристорные выключатели, разъединители, конденсаторы, трансформаторы тока и напряжения, измерительные приборы, токопроводы средней частоты, кабели, их конструктивные особенности, выбор сечения, техника безопасности при обслуживании установок средней частоты.

Управление эл.режимом индукционных установок средней частоты.

Эл.оборудование и схемы питания высоко частотных установок (ВЧУ).

Тема 4 Дуговые электрические печи.

Дуговые сталеплавильные печи (ДСП): конструкция, технологический процесс, этапы плавки и характерные для них регистрограммы тока, мощности и напряжения на электродах печи. Принцип действия, общая характеристика, промышленное применение дуговых электрических печей.

Технико-экономическое обоснование мощности электропечной установки. Методика оптимизации. Определение экономически оптимальной мощности дуговой сталеплавильной печи заданной вместимости. Описание статей эксплуатационных затрат. Определение экономически оптимальных значений вместимости и мощности дуговой сталеплавильной печи заданной производительности. Определение экономически оптимального числа, вместимости и мощности дуговых сталеплавильных печей для электросталеплавильного цеха заданной годовой производительности.

Расчет геометрических размеров рабочего пространства дуговых сталеплавильных печей (ДСП). Определение размеров ванны. Определение размеров свободного пространств. Определение размеров футеровки. Тепловой расчет ДСП. Определение полезной энергии. Определение тепловых потерь. Определение тепловых потерь через футеровку. Определение других видов тепловых потерь. Оценка мощности тепловых потерь. Определение изменения энтальпии футеровки. Составление энергетического баланса дуговых сталеплавильных печей. Энергетический баланс. Определение удельного расхода электроэнергии. Механический расчет ДСП. Расчет механизма наклона корпуса. Определение координат центра тяжести корпуса. Определение опрокидывающих моментов. Расчет вспомогательных механизмов. Механизмы подъема и поворота свода. Механизм передвижения электрода. Механизм зажима электрода.

Построение энергетического режима плавки. Построение графика энергетического режима энергетического периода. Построение графика энергетического режима технологического периода. Расчет системы охлаждения элемента конструкции ДСП. Электрический расчет дуговых сталеплавильных печей. Определение электрических параметров. Расчет активного сопротивления. Расчет индуктивного сопротивления. Определение диаметра графитированного электрода. Ме-

тод теплового баланса. Техничко-экономическое обоснование. Расчет электроподдержателя. Расчет статора установки электромагнитного перемешивания. Определение геометрических параметров и обоснование частоты тока. Расчет электрических параметров.

Тема 5 Руднотермические печи (РТП).

Расчет параметров ферросплавных печей. Определение геометрических размеров ванны Общие сведения. Электрический расчет Определение мощности. Определение электрических параметров. Составление энергетического баланса Распределение энергии в ванне печи. Маркировка руднотермических печей. Узлы печной установки. Ванна печи. Футеровка печей. Устройство герметизации печи. Система загрузки печи. Системы разгрузки печи. Электроды. Электрооборудование руднотермических печей. Расчет руднотермических печей. Описание конструкции различных узлов и порядок расчета размеров плавильного пространства, футеровки и элементов короткой сети руднотермических печей.

Тема 6 Вакуумные дуговые печи.

Расчет параметров дуговых вакуумных печей. Определение геометрических размеров рабочего пространства Общие сведения. Техничко-экономическое обоснование диаметра кристаллизатора для переплава слитка заданной массы. Тепловой расчет Определение полезной мощности. Обоснование массовой скорости переплава. Определение тепловых потерь. Расчет системы охлаждения кристаллизатора. Электрический расчет. Определение мощности дуги. Определение электрических параметров. Построение графика электрического режима переплава. Составление энергетического баланса Общие сведения. Определение удельного расхода электроэнергии.

Тема 7 Печи электрошлакового переплава (ЭШП).

Расчет параметров печей электрошлакового переплава. Определение геометрических размеров рабочего пространства Общие сведения. Тепловой расчет Определение полезной мощности. Обоснование массовой скорости переплава. Определение тепловых потерь. Расчет системы охлаждения кристаллизатора. Электрический расчет Определение активного электрического сопротивления шлаковой ванны. Определение электрических параметров. Определение вторичного напряжения. Построение графика электрического режима ЭШП. Составление энергетического баланса Общие сведения. Определение мощности. Определение удельного расхода электроэнергии. Механический расчет. Расчет механизма зажима расходоуемого электрода. Расчет механизма передвижения электрода.

Тема 8 Плазменные дуговые установки (ПДУ).

Расчет параметров плазменно-дуговых печей с огнеупорной футеровкой. Расчет геометрических размеров рабочего пространства Общие сведения. Определение размеров свободного пространства. Тепловой расчет Определение полезной энергии. Определение тепловых потерь. Построение графика энергетиче-

ского режима плазменной плавки. Электрический расчет Определение рациональной длины плазменной дуги. Определение электрических параметров. Составление энергетического баланса Общие сведения. Определение удельного расхода электроэнергии

Тема 9 Электронно-лучевые установки (ЭЛУ).

Принцип действия, конструкция, вольт-амперные характеристики ЭЛУ, ЭЛУ для плавки, сварки, прошивки, термообработки, напыления, спекания, зонной очистки. Техника безопасности.

Тема 10 Лазерные технологические установки (ЛТУ)

Принцип действия; промышленное применение лазерных установок для сварки, резки, прошивки, закалки, высокотемпературного нагрева вещества; перспективы развития; конструкция, активная среда, источники питания, энергетические характеристики, техника безопасности.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Общее количество часов, отводимое на курсовой проект – 60. Трудоемкость – 1,5 зачетных единицы.

Цель курсового проекта

Курсовой проект предназначен для приобретения навыков самостоятельной работы студента, формирования способности самостоятельно и творчески решать инженерно-технические, научные, производственные вопросы в области проектирования электропечей.

Курсовой проект по курсу «Расчёт и проектирование электропечей» должен предусматривать:

- разработку чертежа общего вида проектируемой электропечи;
- разработку чертежа футеровки и (или) её отдельных элементов;
- разработку чертежей каркаса печи, элементов охлаждения технологических элементов (при наличии);
- системы автоматизации, контроля и управления печи;
- моделирование с использованием численных методов теплового или термонапряжённого состояния элементов конструкции печи;
- также можно выполнять аэродинамическое моделирование пространства в печи, с учётом газовых потоков и нагрева.

Курсовой проект вместе включает расчетно-пояснительную записку на 35-45 листах формата А4 и графическую часть, выполненную на 4 - 5 листах формата А1. При необходимости, можно использовать кратные форматы стандартных размеров. Минимальная степень заполнения листа графическими элементами при этом не должна быть менее 50%.

Тематика курсовых проектов (курсовых работ) отвечает учебным задачам специальных дисциплин, связана с практическими задачами современной электрометаллургии черных и цветных металлов и электрометаллургического производства на Белорусском металлургическом заводе (БМЗ), т.е. курсовой проект должен выполняться по реальной тематике.

Примерные темы курсовых проектов (курсовых работ):

1. Разработать электротехническое или теплотехническое или технологическое или конструктивное мероприятие по интенсификации технологического процесса в дуговой печи (переменного или постоянного тока) заданной вместимости;

2. Разработать электротехническое или теплотехническое или технологическое или конструктивное мероприятие по снижению энергоёмкости технологического процесса в дуговой печи (переменного или постоянного тока) заданной вместимости;

3. Разработать систему подачи технологических материалов и реагентов (порошкообразный карбюризатор или рафинирующая шлаковая смесь или

Проектные решения технического характера могут включать разработку технологического процесса подготовки шихтовых материалов, выплавки, внепечной обработки, разливки и последующего передела полученной стали;

- расчет шихты, материального и теплового баланса технологического процесса плавки или внепечной обработки;
- расчет конструктивных параметров проектируемой проектированию металлургической печи (МЭП);
- разработку энергетического режима плавки;
- определение мощности, проектируемой МЭП, на основе составления энергетического баланса;
- определение параметров электрического режима проектируемого агрегата;
- выбор основного и вспомогательного электрооборудования;
- расчет кинематики одного из механизмов проектируемой МЭП и выбор соответствующего привода;
- выбор и описание комплекса вспомогательного оборудования и механизмов по обслуживанию проектируемой МЭП, необходимого для обеспечения ожидаемых технико-экономических показателей.

Обоснование предлагаемых проектных решений технического характера должно быть представлено в виде сравнительных характеристик с другими возможными вариантами (по возможности на основе оптимизационных расчетов с применением ЭВМ) и указанием их преимуществ по одному или нескольким основным показателям:

- повышение эффективности технологического процесса;
 - повышение качества продукции;
 - устранение лимитирующих факторов технологического процесса (ликвидация «узких» мест в производственном процессе);
 - экономия материальных и энергетических ресурсов.
- В ряде случаев содержанием этого раздела пояснительной записки может быть углубленная проработка единственного варианта проектного решения.

В случае выполнения расчетов с использованием стандартных и специализированных программ ЭВМ в тексте данного раздела пояснительной записки приводятся сведения о методике использования ЭВМ, блок-схемы и алгоритмы решаемых задач, и обсуждение результатов расчета.

Защита студентом курсового проекта является творческой формой проверки качества выполненного им задания. Основная цель защиты: научить студента технически грамотному изложению основных проектных решений и выводов перед аудиторией, всестороннему обоснованию принятых им решений и выводов, воспитанию чувства ответственности за качество разработанной им инженерной задачи.

Защита курсового проекта, происходит на заседании комиссии, в состав которой входят преподаватели кафедры при участии руководителя курсового проекта. Целесообразно присутствие на заседании комиссии студентов группы.

Защита состоит из краткого (5–6 мин.) доклада студента с обязательной демонстрацией технических решений по выполненным чертежам и ответа на вопросы, предлагаемые членами комиссии и студентами группы.

Студент должен четко и технически грамотно доложить основные технические решения, уметь объяснить использованные в расчетной части проекта зависимости, формулы и методики расчета. Общая продолжительность защиты одного проекта – до 20 мин.

Курсовой проект оценивают дифференцированной оценкой по десятибалльной системе; положительную оценку заносят в зачетную ведомость за подписью председателя комиссии и зачетную книжку за подписью руководителя проекта. Положительную оценку проставляют также на обложке Пояснительной записки за подписью руководителя и членов комиссии.

При оценке курсового проекта учитывают не только качество выполненного проекта и доклада студента, но и отношение студента к работе над проектом в течение учебного семестра.

Повторная защита может быть проведена по тому же курсовому проекту с внесением необходимых исправлений и дополнений в чертежи и текст пояснительной записки, после выполнения заново отдельных частей курсового проекта или разработки дополнительных вопросов.

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 | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Электрические печи сопротивления. | 7 | 5 | | 2 | | | Экзамен, устный опрос (УО), защита лабораторной работы (ЛР) |
| 2 | Индукционные печи и установки. | 10 | 8 | | 2 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |
| 3 | Индукционные установки. Оборудование. Технология. Эксплуатация. | 8 | 6 | | 2 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |
| 4 | Дуговые электрические печи. | 18 | 14 | | 2 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |
| 5 | Руднотермические печи (РТП). | 6 | 4 | | 2 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |
| 6 | Вакуумные дуговые печи. | 5 | 4 | | 2 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |
| 7 | Печи электрошлакового переплава (ЭШП). | 5 | 4 | | 1 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |
| 8 | Плазменные дуговые установки (ПДУ). | 3 | 3 | | 1 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |
| 9 | Электронно-лучевые установки (ЭЛУ). | 2 | 1 | | 1 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |
| 10 | Лазерные технологические установки (ЛТУ) | 2 | 1 | | 1 | | | Экзамен, УО, защита ЛР |

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Егоров, А. В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей: учеб. пособие для вузов / А. В. Егоров. - Москва: МИСИС, 2000. - 272с.
2. Кривандин В. А. Тепловая работа и конструкции печей черной металлургии: учебник для вузов. - Москва: Металлургия, 1989. - 462 с.

Дополнительная литература

3. 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
4. Арутюнов В. А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей: учебник для вузов / под науч. ред. В. А. Арутюнова. - Москва: Металлургия, 1990. - 238с.
5. Багров, О. Н. Испарительное охлаждение печей в цветной металлургии / О. Н. Багров. - Москва: Металлургия, 1979. - 160 с.
6. Байдалов Б. А. Экология и экономика процессов очистки отходящих газов после дуговых электросталеплавильных печей // *Литье и металлургия* = 2009. - № 2. - С. 225-227.
7. Великин, Б. А. Торкретирование металлургических печей / Б. А. Великин. - Москва: Металлургия, 1972. - 280 с.
8. Воителев, В. В. Механическое оборудование печей: учеб. пособие для вузов / В. В. Воителев, Е. И. Могилевский. - Москва: Металлургия, 1991. - 148 с.
9. Горелочные устройства промышленных печей и топок: (конструкции и технические характеристики): справочник / А. А. Винтовкин [и др.]. - Москва: Интермет Инжиниринг, 1999. - 552с.
10. Лапшин И. В. Автоматизация дуговых печей. - Москва: МГУ, 2004. - 166с.
11. Мастрюков Б. С. Теплотехнические расчеты промышленных печей: учебное пособие для техникумов. - Москва: Металлургия, 1972. - 368с.
12. Металлургическая теплотехника: учеб. для вузов: в 2 т. / В. А. Кривандин, И. Н. Неведомская, В. В. Кобахидзе и др.; под науч. ред. В. А. Кривандина. - Москва: Металлургия, 1986. - 590с.
13. Металлургическая теплотехника: учебник для вузов: в 2 т / В. А. Кривандин, В. А. Арутюнов, Б. С. Мастрюков и др. ; под ред. В. А. Кривандина. - Москва: Металлургия, 1986. - 422 с.
14. Металлургическая теплотехника [Электронный ресурс]: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения / Л. Е. Ровин; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образо-

вания "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Машины и технология литейного производства". - Гомель: ГГТУ, 2010. - 135 с.

15. Metallurgical furnaces: учеб. для вузов: в 2 ч. / А. И. Вашенко, М. А. Глишков, Б. И. Китаев и др.; под науч. ред. М. А. Глишкова. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Металлургия, 1964. - 344с..

16. Metallurgical furnaces: учеб. для вузов: в 2 ч. / Д. В. Будрин, М. А. Глишков, М. В. Канторов и др.; под науч. ред. М. А. Глишкова. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Металлургия, 1963. - 442с.

17. Ровин, Л. Е. Metallurgical heat engineering: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / Л. Е. Ровин. - Гомель: ГГТУ, 2010. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск

18. Ровин, Л. Е. Metallurgical heat engineering and thermoenergetics: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / Л. Е. Ровин ; кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск

19. Соيفер В. М. Огнеупоры для дуговых сталеплавильных печей малой емкости: справочник. - Москва: Металлургия, 1994. - 192 с.

20. Heat engineering of metallurgical production: учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Кривандина. - Москва: МИСИС, 2002. - 607с.

21. Heat engineering of metallurgical production: учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Кривандина. - Москва: МИСИС, 2002. - 734с.

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

Электронные учебно-методические комплексы

1. Расчет и проектирование электропечей [Электронный ресурс]: лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" специализации 1-42 01 01-01 "Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)" направления 1-42 01 01-01 02 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" дневной и заочной форм обучения / В. А. Жаранов ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель: ГГТУ, 2013. - 183 с. Режим доступа: URL: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2561>

2. Расчет и проектирование электропечей [Электронный ресурс]: методические указания к контрольным работам по одноименному курсу для студентов 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 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" заочной формы обучения / В. А. Жаранов ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение

образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель: ГГТУ, 2013. - 155 с. Режим доступа: URL: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2318>

3. Расчет и проектирование электропечей [Электронный ресурс]: методические указания к курсовому проектированию по одноименному курсу для студентов 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 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" дневной и заочной форм обучения / В. А. Жаранов ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель: ГГТУ, 2013. - 103 с. Режим доступа: URL: <http://elib.gstu.by/handle/220612/12119>

4. Расчет и проектирование электропечей [Электронный ресурс]: практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" специализации 1-42 01 01-01 "Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)" направления 1-42 01 01-01 02 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" дневной и заочной форм обучения / В. А. Жаранов ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель: ГГТУ, 2014. - 120 с. Режим доступа: URL: <http://elib.gstu.by/handle/220612/10322>

5. Расчет и проектирование электропечей [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие по одноименному курсу для студентов специальности 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" специализации 1-42 01 01-01 "Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)" направления 1-42 01 01-01 02 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" дневной и заочной форм обучения / В. А. Жаранов; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель: ГГТУ, 2014. - 67 с. Режим доступа: URL: <http://elib.gstu.by/handle/220612/2702>

Список методических советов М.В. Косылова М.В.
Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать такую форму самостоятельной работы, как решение индивидуальных задач в аудитории на практических занятиях под контролем преподавателя.

Также рекомендуется не все вопросы программы выносить на лекции. В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой можно предложить им часть разделов описательного характера изучить самостоятельно по литературе, указанной в программе.

Для организации самостоятельной работы студентов необходимо использовать современные информационные технологии: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки университета.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего (рубежного) и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям).

Методы (технологии) обучения и инновационные подходы к преподаванию дисциплины

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы интерактивного обучения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при управляемой самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на практических занятиях.

При преподавании дисциплины в современных условиях является необходимым применение мультимедийных, информационно-коммуникационных технологий и цифровых информационных ресурсов. Лекционные занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций, видеofilмов и других информационно-иллюстративно-демонстрационных средств компьютерных информационных технологий в интерактивном режиме.

Средства диагностики и контроля качества усвоения знаний

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- проведение текущих контрольных заданий по отдельным темам;
- защита выполненных на практических и лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- собеседование при проведении индивидуальных и групповых консультаций;
- выступление студента на научно-технических конференциях по подготовленным рефератам;
- защита курсового проекта;
- сдача экзамена.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

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

Критерии оценок результатов учебной деятельности

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

Перечень лабораторных занятий

Изучение работы печей сопротивления периодического действия.
 Футеровка индукционных печей.
 Изучение гидравлического оборудования ДСП.
 Разработка и изучение графика энергетического режима технологического периода плавки в дуговой печи.
 Расчет теплотехнически рациональных размеров рабочего пространства дуговой печи заданной вместимости
 изучение принципов действия и работы электронно-лучевых установок.
 Изучения принципов и оборудования для высокоэнергетических воздействий на металл в металлургических печах.

Перечень практических занятий

Расчет печей сопротивления.
 Расчет электрических и геометрических параметров индукционных печей. Интенсификация процессов.
 Расчет параметров и оптимизация конструкции дуговых печей.
 Проектирование электронно-лучевых установок.
 Расчет процесса лазерного нагрева металлов.
 Устройство и принцип работы установки для обработки материалов в плазме
 Экспериментальное определение кривой разгона нагревательной печи.
 Определение температуры и расхода газов.
 Исследование рациональных режимов работы потребителей электрической энергии.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Основы теории теплопередачи в электротермических установках.
2. Теплотехнические материалы. Физико-технические основы и классификация электротермических установок сопротивления.
3. Основные типы, конструктивное выполнение и расчет нагревательных элементов.

4. Классификация, области применения и характерные типы электрических печей сопротивления.
 5. Конструкции печей сопротивления периодического и непрерывного действия.
 6. Материалы, применяемые в электротермии. Материал и конструктивное исполнение нагревательных элементов.
 7. Режим работы, энергетический баланс и схема теплового расчета печи.
 8. Расчет нагревательных элементов.
 9. Электрооборудование и электроснабжение печей сопротивления косвенного действия.
 10. Комплектные устройства. Измерение и регулирование температуры.
 11. Тиристорные источники питания, их влияние на цеховую электрическую сеть.
 12. Рациональная эксплуатация, повышение производительности печей, экономия электроэнергии.
 13. Перспективные виды печей. Охрана труда, техника безопасности.
 14. Установки прямого нагрева: конструкции, электрооборудование, схемы питания и управления.
 15. Регулирование температуры в электротермических установках.
 16. Физические основы индукционного нагрева, классификация индукционных установок.
 17. Источники питания индукционных установок.
 18. Системы автоматического управления индукционными установками.
- Физические основы высокочастотного нагрева диэлектриков.**
19. Принципы построения схем и установок диэлектрического нагрева.
 20. Основы теории и свойства электродугового разряда.
 21. Устойчивость и регулирование параметров электрической дуги.
 22. Классификация дуговых печей.
 23. Основное электрооборудование дуговых печных установок.
 24. Рабочие режимы и характеристики дуговых печей.
 25. Установки дуговой электрической сварки.
 26. Автоматизированное управление дуговыми установками.
 27. Установки магнитной и магнитоимпульсной обработки.
 28. Устройства для получения низкотемпературной плазмы и область их применения.
 29. Плазменные промышленные установки.
 30. Установки электронно-лучевого нагрева.
 31. Оптические квантовые генераторы (лазеры). Электронно-ионные
 32. Физические основы и энергетические характеристики индукционных установок.
 33. Классификация и область применения. Преимущества индукционного нагрева.

34. Индукционные канальные печи: принцип действия, конструкция основных элементов канальных печей, режимы работы и технико-экономические показатели; методы рациональной эксплуатации.
35. Индукционные тигельные печи: принцип действия, конструкции, оптимальная частота, технико-экономические показатели.
36. Сравнение тигельных и канальных печей.
37. Индукционные установки для сквозного нагрева и поверхностной закатки: преимущества и область применения.
38. Глубинный и поверхностный нагрев, выбор частоты тока.
39. Эл.оборудование, схемы питания и управления индукционных установок промышленной частоты.
40. Электропечные трансформаторы, конденсаторные батареи, коммутационная и защитная аппаратура, щиты управления и сигнализации; регулятор электрического режима.
41. Режим работы, регулирование нагрузки, компенсация реактивной мощности, экономия электроэнергии, техника безопасности.
42. Эл.оборудование, схемы питания и управления индукционных установок средней частоты.
43. Тиристорные преобразователи частоты, согласующие трансформаторы, комплексные расщепительные устройства, контакторы средней частоты, тиристорные выключатели, разъединители, конденсаторы, трансформаторы тока и напряжения, измерительные приборы, токопроводы средней частоты, кабели, их конструктивные особенности, выбор сечения, техника безопасности при обслуживании установок средней частоты.
44. Управление электрическим режимом индукционных установок средней частоты.
45. Электрооборудование и схемы питания высокочастотных установок (ВЧУ).
46. Ламповый генератор технико-экономические показатели работы, радиопомехи, техника безопасности при эксплуатации ВЧУ с ламповыми генераторами.
47. Принцип действия, общая характеристика, промышленное применение дуговых электрических печей.
48. Дуговые сталеплавильные печи (ДСП): конструкция, технологический процесс, этапы плавки и характерные для них регистрограммы тока, мощности и напряжения на электродах печи, энергетический баланс.
49. Выбор мощности печного трансформатора.
50. Электрооборудование: печные трансформаторы, реакторы выключатели. Короткая сеть.
51. Явление переноса мощности в трехфазных дуговых печах.
52. Электрические и рабочие характеристики, выбор оптимального режима работы печи. Автоматическое регулирование мощности печи.
53. Мероприятия по экономии электроэнергии и повышению производительности печи.

54. Крупные дуговые печи со сверхмощными трансформаторами.
55. Особенности ДСП как электрической нагрузки системы электроснабжения; ограничение помех.
56. Влияние печей на окружающую среду.
57. Охрана труда и техника безопасности.
58. Руднотермические печи (РТП): конструкции, область применения, энергетический баланс, электрооборудование, повышение коэффициента мощности, РТП как приемник электроэнергии и регулятор нагрузки.
59. Вакуумные дуговые печи: область применения, конструкции, процесс наплавления слитка, энергетический баланс и рациональная эксплуатация, электрооборудование, источники питания и системы автоматического управления.
60. Печи электрошлакового переплава (ЭШП): рабочий процесс, области применения, конструкции, электрооборудование.
61. Электрические параметры и характеристики электрошлаковой печи, как приемника электроэнергии.
62. Плазменные дуговые установки (ПДУ): принцип действия и области применения плазменного нагрева.
63. Технические средства повышения температуры электрических дуг.
64. Устройство и рабочий процесс плазмотрона, его энергетический баланс.
65. Плазменные плавильные печи.
66. Источники питания плазменных установок. Техника безопасности.

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) |
|---|------------------|---|---|
| Проектирование цехов | МиТОМ | нет Ю.Л.Бобаркин | Рекомендовать к утверждению (23.04.2018, №4) |
| Специальные процессы электроплавки сталей | МиТОМ | нет Ю.Л.Бобаркин | Рекомендовать к утверждению (23.04.2018, №4) |
| Технологическое оборудование металлургических цехов | МиТОМ | нет Ю.Л.Бобаркин | Рекомендовать к утверждению (23.04.2018, №4) |
| Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов | МиТОМ | нет Ю.Л.Бобаркин | Рекомендовать к утверждению (23.04.2018, №4) |
| Теория и технология электроплавки цветных сплавов | МиТОМ | нет Ю.Л.Бобаркин | Рекомендовать к утверждению (23.04.2018, №4) |