

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ЮТИ ТПУ

В. Л. Бибик

« 1 » 10 2014 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)  
КОНСТРУКЦИИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ И АГРЕГАТОВ**

Направление ООП **22.03.02** **Металлургия**

Номер кластера

Профиль(и) подготовки **Металлургия черных металлов**

Квалификация (степень) **прикладной бакалавр**

Базовый учебный план приема **2014 г.**

Курс **4** семестр **7**

Количество кредитов **4**

Код дисциплины **Б1.ВМ5.1.2**

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения	
Лекции, ч	40	
Практические занятия, ч	24	
Аудиторные занятия, ч	64	
Самостоятельная работа, ч	80	
ИТОГО, ч	144	

Вид промежуточной аттестации **зачет и защита КП в 7м семестре**  
Обеспечивающая кафедра **«Металлургия черных металлов»**

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент **Сапрыкин А.А.**  
(ФИО)

Руководитель ООП

к.т.н., доцент **Сапрыкин А.А.**  
(ФИО)

Преподаватель

старший преподаватель **Ибрагимов Е.А.**  
(ФИО)

2014г.

### 1. Цели освоения модуля (дисциплины)

Цели освоения дисциплины: дисциплина направлена на подготовку бакалавров к производственной деятельности, выработку профессиональных навыков и умение применять полученные знания в области конструкций и проектирования электрометаллургических агрегатов; ознакомление бакалавров с современным состоянием научно-технического прогресса в области электрометаллургии

### 2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Дисциплина «Конструкции и проектирование электропечей и агрегатов» относится к циклу Б1.ВМ5.

Дисциплине «Б1.ВМ5.1.2 Конструкции и проектирование электропечей и агрегатов» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.ВМ5.1.1 Теория и технология производства стали,
- Б1.ВМ3.1-2 Начертательная геометрия и инженерная графика.

Содержание разделов дисциплины «Б1.ВМ5.1.2. Конструкции и проектирование электропечей и агрегатов» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.ВМ5.1.8.1 Внепечные и ковшовые процессы,
- Б1.ВМ5.1.10. Теория и технология электроплавки сталей

### 3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р2 (ППК-5 ППК-6 ППК-7)	3.2.15	Конструкции электросталеплавильных и ферросплавных печей	У.2.15	Проектировать электросталеплавильные и ферросплавные печи	В.2.15	Теоретическим и практическими знаниями в области конструкций и проектирования электросталеплавильных и ферросплавных печей.

При изучении дисциплины бакалавры научатся основным принципам проектирования электрометаллургических агрегатов; уметь самостоятельно принимать проектные решения, анализировать условия и режимы работы электрометаллургических агрегатов (дуговых сталеплавильных и ферросплавных печей). Соответствие результатов освоения дисциплины «Конструкции и проектирование электропечей и агрегатов» формируемым компетенциям ООП представлено в таблице.

Таблица 2

**Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

№ п/п	Результат
РД1	способностью выполнять элементы проектов (ППК-5)
РД2	готовностью использовать стандартные программные средства при проектировании (ППК-6)
РД3	способностью обосновывать выбор оборудования для осуществления технологических процессов (ППК-7)

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

##### **Раздел 1. Введение**

*Лекция.* Введение. Metallургические и технико-экономические достоинства электронагрева для целей металлургического производства. Эволюция развития электрических печей. Современное состояние, тенденции и перспективы отечественного печестроения.

##### **Раздел 2. Классификация электросталеплавильных печей**

*Лекция.* Принципы нагрева в печах сопротивления, в дуговых печах, печах плазменного нагрева, в индукционных печах, в электроннолучевых установках и оптических печах.

##### *Практическая работа 1.*

Выбор мощности трансформатора. Расчет основных электрических параметров ДСП.

##### **Раздел 3. Электрическая дуга переменного и постоянного тока**

*Лекция.* Теоретические основы стабилизации дуги, регулирование ее мощности и излучательной способности. Особенности электрической дуги как источника тепловой энергии в ферросплавных и сталеплавильных электропечах.

##### **Раздел 4. Составление энергетических балансов**

##### *Практическая работа 2.*

Составление энергетического баланса работы ДСП.

##### **Раздел 5. Электрооборудование дуговых сталеплавильных и ферросплавных печей**

*Лекция.* Принципиальная схема включения дуговой сталеплавильной и ферросплавной печей. Назначение и характеристики оборудования печной подстанции. Устройство печного трансформатора. Требования к печному трансформатору. Элементы короткой сети.

### *Практическая работа 3*

Расчет элементов короткой сети ДСП.

### **Раздел 6. Устройство дуговых сталеплавильных печей**

*Лекция.* Размерный ряд, устройство и основные технические данные дуговых сталеплавильных печей. Устройство кожуха, днища и свода. Устройство рабочего окна, выпускного отверстия, сливного желоба.

Механизм наклона печи. Конструктивные особенности. Устройство электрододержателя. Механизм зажима электродов. Механизм подъема и опускания электродов. Механизм подъема свода. Механизм поворота свода. Система опор печи на фундамент. Способы загрузки шихты, загрузочные устройства. Назначение футеровки дуговых сталеплавильных печей, условия службы и стойкость, характер, причины и механизм разрушения. Огнеупорные материалы. Конструкция и изготовление основной и кислой футеровки. Пути повышения её стойкости. Организация холодных ремонтов. Водоохлаждаемые панели, водоохлаждаемый свод дуговой сталеплавильной печи.

### *Практическая работа 4*

Расчет геометрических параметров ДСП.

### **Раздел 7. Электроды дуговых сталеплавильных печей**

*Лекция.* Назначение электродов, сырье для их изготовления. Структура и физические свойства угольных и графитированных электродов. Графитированные электроды повышенного качества. Пути снижения удельного расхода электрода. Выбор диаметра электродов. Уплотнители электродов.

### *Практическая работа 5.*

Тепловой расчет футеровки подины ДСП.

### **Раздел 8. Рабочие характеристики и электрические режимы дуговых сталеплавильных печей**

*Лекция.* Влияние мощности трансформаторов ДСП на технико-экономические и технологические показатели работы печей. Рациональное соотношение между номинальным напряжением и силой тока. Электрические характеристики печи. Аналитическая форма зависимости электрических характеристик печи. Выбор оптимального режима работы печи.

### **Раздел 9. Конструктивные особенности современных высокомошных дуговых сталеплавильных печей**

*Лекция.* Конструктивные особенности печей с выпуском металла через днище, через эркерное устройство.

Конструктивные особенности двухванных и шахтных ДСП. Устройство печей с подовым электродом. Разновидности конструкций подовых электродов.

### *Практическая работа 6.*

Расчет тепловых потерь ДСП.

### **Раздел 10. Конструкции оборудования для внепечной обработки металла**

*Лекция.* Задачи и приемы реализации внепечной обработки металла. Устройство погружаемых фурм и газопроницаемых вставок. Оборудование для вдувания порошкообразных материалов. Устройство для подачи в металл порошковой проволоки. Конструктивные особенности агрегата комплексной обработки стали (АКОС). Устройство вакуумных камер, порционных и циркуляционных вакууматоров.

*Практическая работа 7.*

Устройство и расчет токопроводящей консоли электрододержателя ДСП.

### **Раздел 11. Устройство рудовосстановительных печей**

*Лекция.* Характеристики рудовосстановительных печей по назначению, роду тока, мощности, количеству электродов, поперечному сечению ванны, конструкции колошника. Устройство рудовосстановительной печи типа РПЗ.

Устройство кожуха печи. Способы изготовления футеровки печи для выплавки различных сплавов.

*Практическая работа 8.*

Знакомство с конструкцией ДСП в цехе ОАО «Юргинский машиностроительный завод».

*Практическая работа 9.*

Выбор мощности трансформатора и расчет основных электрических параметров рудовосстановительной печи.

*Практическая работа 10.*

Расчет геометрических параметров рудовосстановительной печи типа РКЗ.

### **Раздел 12. Самообжигающиеся электроды рудовосстановительных печей**

*Лекция.* Устройство кожуха. Характеристика исходных материалов. Технологическая схема изготовления электродной массы. Формирование самообжигающихся электродов. Особенности формирования и эксплуатации плоских электродов.

*Практическая работа 11.*

Устройство прямоугольной печи и плоских электродов и расчет геометрических параметров рудовосстановительной печи типа РПЗ.

### **Раздел 13. Конструкция электроконтактного узла и механическое оборудование самообжигающегося электрода.**

*Лекция.* Контактные щеки. Конструктивные разновидности. Эксплуатация, охлаждение, стойкость щек. Устройство нажимного кольца. Нажимное устройство, конструктивные особенности. Узел герметизации, надежность работы. Конструкция несущего цилиндра. Устройство для перемещения электродов. Конструктивные разновидности. Устройство для удержания и перепуска электродов. Конструктивные разновидности механизма перепуска электродов. Особенности механизма перепуска плоских электродов.

*Практическая работа 12.*

Тепловой расчет футеровки рудовосстановительной печи.

*Практическая работа 13.*

Расчет тепловых потерь рудовосстановительной печи.

*Практическая работа 14.*

Знакомство с конструкцией рудовосстановительной печи на Юргинском ферросплавном заводе.

#### **Раздел 14. Устройство рафинировочных печей**

*Лекция.* Общие характеристики рафинировочных печей. Основные конструктивные узлы и элементы, их назначение.

Ремонт и срок службы футеровки рафинировочных печей. Система улавливания и очистки газов. Система загрузки печи шихтой. Технико-экономические показатели работы рафинировочных печей.

*Практическая работа 15.*

Расчет элементов короткой сети рудовосстановительной печи.

*Практическая работа 16.*

Выбор мощности трансформатора и расчет основных электрических параметров рафинировочной печи.

### **6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

#### **6.1. Виды и формы самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР)\*.

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам и семинарским занятиям;
- подготовка к письменным опросам, выполнении индивидуальных заданий, контрольным работам, тестированию, контрольным точкам, экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;

##### **6.1.1. Темы, выносимые на самостоятельную проработку:**

- Принцип работы и устройство оптических печей.
- - Новые тенденции при проектировании современных дуговых сталепла-вильных печей.
- - Конструктивные особенности герметичных рудовосстановительных печей.
- - Новые проектные решения конструкций рудовосстановительных печей.

**6.2.1. Примерный перечень научных проблем и направлений научных исследований:**

- Разработка конструкции электрододержателя дуговой сталеплавильной печи.
- Разработка конструкции электроконтактного узла рудовосстановительной печи.
- Разработка и расчет конструкции контактной щеки.
- Разработка механизма поворота свода дуговой сталеплавильной печи.

### 6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- Промежуточный контроль знаний – теоретических и практических – производится в процессе выполнения и защиты студентами практических работ, сдаче контрольных точек;
- Устный опрос на лекциях по пройденному материалу;
- Проверка конспектов по самостоятельной работе;
- Защита рефератов.

## 7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Защита практических работ	30
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели	30
Зачет	40

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств<sup>1</sup>) (с примерами):

### Примеры контрольных вопросов, задаваемых при выполнении и защитах практических работ

1. От чего зависит тип и диаметр электрода.
2. Из каких слоев состоит футеровка ДСП?

### Примеры тематик исследований на конференц-неделях

1. Герметичные рудовосстановительные печи
2. Вакуумные сталеплавильные печи.

### Примеры вопросов выносимых на зачет

1. Требования к печным трансформаторам.
2. Расчет мощности печного трансформатора.
3. Устройство и конструктивные особенности электрододержателей дуговой сталеплавильной печи

Оценка качества выполнения курсового проекта производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Оценка качества выполнения разделов КП	40
Защита КП	60

#### Примеры вопросов выносимых на защиту КП

1. Устройство водоохлаждаемого свода.
2. Назначение слоев футеровки подины печи.
3. Принцип работы механизма наклона печи

#### 8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсового проекта (работы)»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.)



производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);

- промежуточная аттестация (защита проекта (работы)) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

## **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Основная литература:

1. Рожихина И.Д. Конструкции и проектирование дуговых печей: учеб. пособие / И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2011. – 311 с.
2. Шевченко В.Ф. Устройство и эксплуатация оборудования ферросплавных заводов. Справочник / Шевченко В.Ф. – М.: Металлургия, 1982. - 208 с.
3. Поволоцкий Д.Я. Электросталеплавление / Д.Я. Поволоцкий, В.Е. Роцин, Н.В. Мальков. – М.: Металлургия, 1995. – 592 с.
4. Поволоцкий Д.Я. Устройство и работа сверхмощных дуговых сталеплавильных печей/ Д.Я. Поволоцкий, Ю.А. Гудим, И.Ю. Зинуров. – М.: Металлургия, 1990. – 174 с.
5. Проектирование и оборудование электросталеплавильных цехов: Учебник/ В.А. Гладких и др.- Днепропетровск: Системные технологии, 2004.-736 с.
6. Никольский Л.Е. Оборудование и проектирование электросталеплавильных цехов / Л.Е. Никольский, И.Ю. Зинуров – М.: Металлургия, 1993.

Дополнительная литература:

1. Сапко А.И. Механическое и подъемно-транспортное оборудование электросталеплавильных цехов / А.И. Сапко. – М.: Металлургия, 1986. – 328 с.
2. Гасик М.И. Теория и технология электросталеплавления ферросплавов / М.И. Гасик, Н.П. Лякишев – М.: С-П Интернет инжиниринг, 2000. – 764 с.
3. Поволоцкий Д.Я. Внепечная обработка стали/ Д.Я. Поволоцкий, В.А. Кудрин, А.Ф. Вишкарев– М.: МИСИС, 1995. – 255 с.
4. Гонзалес Р. Двухэлектродные дуговые сталеплавильные печи постоянного тока фирмы Danieli – новое поколение сверхмощных дуговых печей / Р. Гонзалес, М.А. Педроза, М. Херрера. – Электросталеплавление. – 2000. – № 4. – С. 2 – 7.
5. Дукмасов В.Г. Состояние и развитие технологий и оборудования в ми-

- ровой металлургии / В.Г. Дукмасов, Л.М. Агеев // Справочник. Под ред. ГЛ. Вяткина. – Челябинск: ЮУрГУ, 2002. – С. 187.
6. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства: учебник для вузов / В.П. Григорьев [и др.]. – М.: МИСИС, 1995. – 512 с.
  7. Кузнецов А.В. Опыт применения различных видов огнеупоров для футеровки сверхмощной электродуговой печи / А.В. Кузнецов, Шумахер Э.А. – Сталь. – 2000. – № 1. – С. 29 – 32.
  8. Курапин И.Н. Рудно-термические электропечи / И.Н. Курапин, М.Н. Курапина. – Новосибирск: Новосиб. гос.техн. ун-т, 1994. – 173 с.
  9. Металлургические мини-заводы: Монография / Смирнов А.Н. [и др.]. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 469 с.
  10. Новая система подогрева лома для дуговой сталеплавильной печи (реф.). – Электromеталлургия. – 2000. – № 2. – С. 43 – 44.
  11. Первый в мире графитовый электрод диаметром 800 мм для электродуговой печи постоянного тока / Фридрих К. [и др.]. – МРТ. – 2003. – С. 16 – 25.
  12. Печь «Contiarc» («Контарк») – новая технология выплавки стали из лома / Новости черной металлургии за рубежом. – 1996. – № 4. – С. 54 – 56.
  13. Пономарев Е.М. Двухванная электродуговая печь / Е.М. Пономарев, В.Д. Смоляренко. – Сталь. – 1997. – № 5. – С. 12.
  14. Попов А.Н. Отечественное электропечное оборудование нового поколения для электросталеплавильного комплекса годовой производительностью до 1,2 млн. т. – Электromеталлургия. – 2000. – № 7. – С. 2 – 9.
  15. Свинолобов Н.П. Печи черной металлургии: Учебное пособие для вузов / Н.П. Свинолобов, В.Л. Бровкин // Днепропетровск: Пороги, 2004. – 154 с.
  16. Сиддики Ф. Дуговая сталеплавильная печь с системой «Данарк» и современная технология электроплавки / Ф. Сиддики, В.Н. Коломота, Р.Н. Пильчук. – Сталь. – 2003. – № 11. – С. 43 – 45.
  17. Смирнов А.Н. Пуск новых и реконструкция действующих сталеплавильных цехов: концептуальные подходы и новые решения / А.Н. Смирнов, В.М. Сафонов, К.З. Питюл. – Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 8. – С. 27 – 33.
  18. Сойфер В.М. Сертификация дуговых сталеплавильных печей переменного и постоянного тока / Современная электromеталлургия. – 2004. – № 1. – С. 40 – 46.
  19. Технология марганцевых ферросплавов. Ч. 1. Высокоуглеродистый ферромарганец / В.И. Жучков [и др.]. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 415 с.

Internet-ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

1. <http://emchezgia.ru/elektrometallurgiya.php> - устройство и работа ДСП

2. <http://emchezgia.ru/ferrosplavy/razdelferrosplavy.php> - печи для производства ферросплавов
3. <http://uas.su/books/2011/kslitok/12/razdel12.php> - конструкция современной ДСП.

Используемое программное обеспечение:

Презентации в программе MicrosoftPowerPoint 97-2003

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Аудитория Оборудование: 1. Мультимедийное оборудование для показа презентаций, видеофиль-мов. 2. Модель дуговой сталеплавильной печи	Корпус 5 ауд. 19 1 шт.  1 шт
2	Аудитория Оборудование: 1. Набор плакатов с изображением современной дуговой сталеплавиль-ной печи типа ДСП-100Н10 совместно с узлом электрододержателя, фрагментом футеровки, механизмом перемещения электродов 2. Модель дуговой сталеплавильной печи Набор плакатов с изображением ферросплавных печей типа РКЗ-33М1, РКЗ-33М2, РКЗ-63, РКГ-72	Корпус 5 ауд. 17

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению «Металлургия» и профилю подготовки «Металлургия черных металлов»

Программа одобрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_

(протокол № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.).

Автор(ы) Ибрагимов Е.А.

Рецензент(ы) Сапрыкин А.А.