

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ЮТИ ТПУ

\_\_\_\_\_ В.Л. Бибик

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ  
ПРИ СВАРКЕ  
НА 2016 – 2017 УЧЕБНЫЙ ГОД**

Направление (специальность) ООП **15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ**  
Профиль подготовки «**Оборудование и технология сварочного произ-  
водства**»

Квалификация (степень) **прикладной бакалавр**

Базовый учебный план приема 2015 г.

Курс 2 семестр 4

Количество кредитов 5

Код дисциплины Б1.ВМ4.1.2

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	32
Практические занятия, ч	24
Лабораторные занятия, ч	24
Аудиторные занятия, ч	80
Самостоятельная работа, ч	100
ИТОГО, ч	180

Вид промежуточной аттестации \_\_\_\_\_ зачет

Обеспечивающее подразделение кафедра \_\_\_\_\_ «Сварочное производство»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.Б. Сапожков

Руководитель ООП \_\_\_\_\_ А.А. Моховиков

Преподаватель \_\_\_\_\_ Е.А. Зернин

2016г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся знаний о физико-химических процессах в дуговом разряде, разновидности сварочных дуговых разрядов; лучевых сварочных источниках энергии; основных понятиях и законах тепловых процессов при сварке; нагреве и плавлении металла, физико-химических процессах при сварке; металлургических процессах при сварке плавлением.

В результате освоения данной дисциплины бакалавр приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение цели Ц4 «Подготовка выпускника к научно-исследовательской деятельности в области разработки ресурсоэффективных технологий, оборудования и оснастки механической и физико-технической обработки, процессов сварки, а также родственных процессов производства изделий машиностроения» основной образовательной программы «Машиностроение».

## 2. Место модуля в структуре ООП

Дисциплина «Физико-химические и тепловые процессы при сварке» относится к дисциплинам вариативной части (Б1.ВМ4.1.2).

Дисциплине «Теория сварочных процессов» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- физика;
- химия;
- технология конструкционных материалов;
- основы инженерно-производственной подготовки.

Содержание разделов дисциплины «Физико-химические и тепловые процессы при сварке» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- электроника;
- теория механизмов и машин.

## 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
Р10 (ПК-18)	3.10.1	Методов и средств стандартных испытаний по определению физико-механических	У.10.1	Обрабатывать результаты испытаний и экспериментов по определению физико-	В.10.1	Приёмами работы с оборудованием для испытаний физико-

		свойств и технологических показателей материалов и изделий		механических свойств и технологических показателей материалов и изделий		механических свойств и технологических показателей материалов и изделий
P14 (ОК-7, ПК-1, ПК-3; ПК-4; ПК-9, ПК-20)	3.14.1	Базовых методов исследовательской деятельности	У.14.1	Проводить патентные исследования	В.14.1	Навыками работы с научно-технической литературой

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### *Раздел 1. Физические основы и классификация сварочных процессов.*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

1.1. Физико-химические особенности получения неразъемных соединений.

1.2. Термодинамика сварки и баланс энергии при сварке.

1.3. Классификация сварочных процессов.

Практические занятия:

1. Классификация сварочных процессов по физическим признакам

Лабораторные занятия:

1. Исследование дугового разряда между угольными электродами

##### *Раздел 2. Физические процессы в дуговом разряде*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

2.1. Электрический разряд в газах

2.2. Элементы теплопроводности плазмы

2.3. Магнитогидродинамика сварочной дуги

2.4. Перенос металла в сварочной дуге

2.5. Сварочные дуги с плавящимся электродом

2.6. Сварочные дуги с неплавящимся электродом

2.7. Плазменные сварочные дуги

Практические занятия:

1. Процессы в анодной, катодной области и в столбе дуги

Лабораторные занятия:

1. Статическая вольт-амперная характеристика дуги с неплавящимся электродом

2. Исследование влияния внешнего магнитного поля на сварочную дугу

##### *Раздел 3. Термические недуговые источники энергии*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

3.1. Электронно-лучевые источники

3.2. Фотонно-лучевые источники

3.3. Газовое пламя

3.4. Электрошлаковая сварка

Практические занятия:

1. Расчет тепловой эффективности газопламенной обработки

#### *Раздел 4. Прессовые и механические сварочные процессы*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

4.1. Контактная сварка

4.2. Механические сварочные процессы

Практические занятия:

1. Оценка эффективности применения различных способов сварки давлением.

#### *Раздел 5. Основные понятия и законы в расчетах тепловых процессов при сварке.*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

5.1. Основные понятия и определения

5.2. Дифференциальное уравнение теплопроводности

5.3. Сварочные источники теплоты

Практические занятия:

1. Теоретический расчет тепловых процессов при наплавке

#### *Раздел 6. Тепловые процессы при нагреве*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

6.1. Источники теплоты

6.2. Распределение приращения температуры

Практические занятия:

1. Теоретический расчет тепловых процессов при сварке

Лабораторные занятия:

1. Нагрев и расплавление электрода

2. Исследование процесса распространения тепла при автоматической сварке пластин

#### *Раздел 7. Нагрев и плавление металла при сварке*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

7.1. Термический цикл при однопроводной сварке

7.2. Расчет ширины зоны нагрева

7.3. Плавление основного металла

7.4. Нагрев и плавление присадочного металла

7.5. Экспериментальное определение температуры при сварке

Практические занятия:

1. Сравнительный анализ тепловых процессов при сварке сталей различных классов.

Лабораторные занятия:

1. Влияние ограниченности размеров тел на процесс распространения теплоты

2. Проплавление основного металла при наплавке валиков

3. Тепловые процессы в контакте наконечник – сварочная проволока

4. Температурные поля в зоне контакта капель расплавленного металла с поверхностью свариваемого изделия

*Раздел 8. Термодинамические методы анализа и прогнозирования физико-химических и металлургических процессов*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

8.1. Понятие о термодинамической системе

8.2. Энтальпия и энтропия

8.3. Термическая диссоциация и ионизация газов в зоне дуги

8.4. Химическое сродство элементов к кислороду

Практические занятия:

1. Оценка химических процессов в зоне дуги при сварке в активных защитных газах

Лабораторные занятия:

1. Исследование ионизирующего действия компонентов электродных покрытий

*Раздел 9. Физико-химические и металлургические процессы при сварке плавлением*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

9.1. Состав газовой фазы в зоне столба дуги

9.2. Влияние атмосферных газов на свойства стали при сварке

9.3. Взаимодействие металла с флюсом при сварке

9.4. Расплавление электрода и перенос капель в ванну

9.5. Окисление и раскисление металла при сварке

9.6. Рафинирование сварочной ванны и модифицирование металла шва

Лабораторные занятия:

1. Исследование металлургических процессов при сварке в атмосфере защитных газов

*Раздел 10. Особенности металлургических процессов при сварке плавлением*

Виды учебной деятельности:

Лекции:

10.1. Шлаковая защита при дуговой сварке под флюсом

10.2. Сварка в защитных газах и смесях

10.3. Сварка электродами с покрытием

Лабораторные занятия:

1. Исследование влияния защитных покрытий на процесс сварки в углекислом газе.

В результате освоения дисциплины «Физико-химические и тепловые процессы при сварке» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

**Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

№ п/п	Результат
РД1	Выбирать источники энергии для сварки в зависимости от заданных параметров и свойства сварных соединений. Для этого необходимо: знать основные закономерности влияния различных способов сварки на протекание физико-химических и металлургических процессов в зоне формирования неразъемного соединения; уметь определять физические, химические и механические свойства сварочных материалов и сварных соединений; владеть опытом работы с методами работы с графиками, диаграммами, номограммами, характеризующими закономерности взаимосвязи химического состава сварочных материалов и физико-химическими свойствами неразъемного соединения
РД2	Выбирать способ сварки и сварочные материалы в зависимости от химического состава и свойств основного материала на основе теоретических и экспериментальных исследований. Для этого необходимо: знать основные теоретические положения, касающиеся источников сварочного нагрева, тепловых процессов при сварке, металлургии сварки, образования сварного соединения при сварке; уметь определять экспериментально и расчетным путем основные энергетические и тепловые характеристики сварочных источников, температурные поля и характеристики термических циклов при сварке различных материалов и изделий; владеть методиками инженерных расчетов параметров тепловых процессов при дуговой сварке плавящимся электродом.

### **5. Образовательные технологии**

При изучении дисциплины «Физико-химические и тепловые процессы при сварке» используются следующие образовательные технологии:

*Методы и формы организации обучения*

Методы	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./ сем.,	Тр.*; Мк**	СРС	К. пр.***
ИТ-методы	+				+	
Работа в команде		+	+			
Case-study						
Игра	+	+	+			
Методы проблемного обучения						
Обучение на основе опыта	+	+	+		+	
Опережающая самостоятельная работа		+	+			
Проектный метод						
Поисковый метод		+	+			
Исследовательский метод			+		+	
Другие методы	+					

## **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:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к зачету, экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

### **6.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине**

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

#### Тема 1. Источники энергии для сварки

#### 1. Физические основы и классификация сварочных процессов

##### 1.1. Виды элементарных связей в твердых телах и монокристаллических соединениях

- 1.2. Требования к источникам энергии для сварки и оценка их эффективности
- 1.3. Пайка и склеивание
- 1.4. КПД сварочных процессов
2. Физические процессы в дуговом разряде
  - 2.1. Возбуждение дуги и ее зоны
  - 2.2. Эффект Рамзауэра
  - 2.3. Излучение плазмы
  - 2.4. Амбиполярная диффузия
  - 2.5. Элементарные процессы в плазме дуги
  - 2.6. Приэлектродные области дугового разряда
  - 2.7. Баланс энергии и температура в столбе дуги
  - 2.8. Внешнее магнитное поле и дуга
  - 2.9. Газовые среды (при использовании плазменной дуги)

## Тема 2. Тепловые процессы при сварке

1. Тепловые процессы при нагреве
  - 1.1. Закон теплопроводности (закон Фурье)
  - 1.2. Поверхностная теплоотдача
  - 1.3. Схемы нагреваемого тела
  - 1.4. Граничные условия
  - 1.5. Схематизация источников теплоты
  - 1.6. Нагрев тел мгновенными источниками теплоты
  - 1.7. Использование принципа наложения при расчетах температурных полей
  - 1.8. Неподвижные непрерывно действующие источники теплоты
  - 1.9. Выравнивание начального распределения температуры
  - 1.10. Учет конечных размеров нагреваемого тела
  - 1.11. Подвижные источники теплоты
  - 1.12. Предельное состояние процесса распространения теплоты
  - 1.13. Периоды теплонасыщения и выравнивания температур
  - 1.14. Быстродвижущиеся источники теплоты
  - 1.15. Расчеты температур при сварке разнородных металлов
2. Нагрев и плавление металла при сварке
  - 2.1. Термический цикл при многослойной сварке
  - 2.2. Особенности протекания тепловых процессов при различных видах сварки (электрошлаковые процессы, контактная стыковая сварке, точечная контактная сварка, шовная контактная сварка)

## Тема 3. Методы компьютерного моделирования сварочных процессов.

- 3.1. Основы моделирования процессов сварки плавлением.
- 3.2. Прогнозирование химического состава и структуры сварных соединений.
- 3.3. Определение механических характеристик материала сварного соединения.

3.4. Оптимизация параметров компьютерной модели сварного соединения.

## 6.2. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- устный опрос ;
- контрольная работа (тестирование);
- презентация.

## 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
Устный опрос № 1 (защита индивидуальных заданий)	РД1
Устный опрос № 2(защита индивидуальных заданий)	РД2
Контрольная работа (тестирование) № 1	РД1
Контрольная работа (тестирование) № 2	РД2
Выполнение и защита лабораторных работ №№ 1 – 6	РД1
Выполнение и защита лабораторных работ №№ 6 – 12	РД2
Презентация во время проведения конференц-недели	РД1, РД2
Зачет	РД1, РД2

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

- вопросы входного контроля:
  - основные физические свойства металлов и сплавов;
  - способы зажигания сварочной дуги;
  - основные способы определения механических свойств металлов и сплавов.

контрольные вопросы, задаваемых при выполнении и защитах лабораторных работ:

- какие элементы используются для снижения эффективного потенциала ионизации смеси;
- перечислите виды переноса электродного металла при сварке плавящимся электродом;
- в чем различие холодных металлических процессов при РДС и сварке в активных защитных газах.

- вопросы, выносимые на зачет:

- виды эмиссий при сварке;
- дуга как источник энергии при сварке;
- термический цикл при однопроходной сварке.

## **7. Рейтинг качества освоения дисциплины**

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 № 88/од от 27.12.2013 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.

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

Основная литература

1. Крампит М.А., Зернин Е.А. Физико-химические и тепловые процессы при сварке. Учебное пособие [Электронный ресурс]. - Томск : Изд-во ТПУ, 2014 - 1 с. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Системные требования: Windows 95/NT/2003/XP

2. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Неровный, Б.Ф. Якушин; Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.

3. Теория сварочных процессов. Лабораторный практикум: Учебное пособие / С.Б. Сапожков, Е.А. Зернин, И.Р. Сабиров – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) ТПУ, 2007. – 96 с.

Дополнительная литература

1. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. / А.И. Акулов, В.П. Алехин, С.И. Ермаков и др. /Под ред. А.И. Акулова. – М: Машиностроение, 2003. – 560 с.

2. Справочник «Сварка. Резка. Контроль» в 2-х томах / Под общ. ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышева, М.: Машиностроение, т.1, 2004. – 624 с.

3. Чернышев Г.Г. Сварочное дело: Сварка и резка металлов. – М.: из-

дательский центр «Академия», 2007. – 496 с.

4. Технология и оборудование газовой сварки и резки металлов: учебное пособие / В.Т. Федько, В.И. Васильев, Е.А. Зернин, С.А. Солодский, С.Б. Сапожков – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 252 с.

5. Зернин Е.А. Технологические и реологические свойства покрытий, применяемых при сварке в углекислом газе: научное издание – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 133 с.

#### Internet–ресурсы

[http://www.ic-tm.ru/info/svarochnoe\\_proizvodstvo](http://www.ic-tm.ru/info/svarochnoe_proizvodstvo) электронная версия журнала «Сварочное производство».

<http://www.svarkainfo.ru/rus/lib/books/> виртуальная библиотека

#### Используемое программное обеспечение

1. Расчет режимов сварки. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Регистрационный № 2008612022 от 23.04.2008. Заявка № 2008610949 от 11.03.2008.

2. Расчет тепловых процессов при сварке. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Регистрационный №2009610225 от 11.01.2009. Заявка № 2008615338 от 17.11.2008.

3. Моделирование процессов управляемого каплепереноса электродного металла. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Регистрационный № 2011616056 от 03.08.2011. Заявка №2011614268 от 08.06.2011.

4. Прогнозирование фазового состава сварного шва при сварке аустенитной стали. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Регистрационный № 2012615127 от 08.06.2012. Заявка №2012613138 от 19.04.2012.

### 9. 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	Учебная лаборатория «Сварка плавнием» 1. Сварочный пост постоянного и переменного тока, оснащенный амперметром и вольтметром. 2. Проекционная линза. 3. Полупрозрачный экран. 4. Угольные электроды и пластины. 5. Приспособление для получения вращающейся «бегущей» дуги в поперечном магнитном поле. 6. Приспособление для получения поперечного магнитного поля, действующего на сварочную дугу. 7. Приспособление для получения внешнего продоль-	Корпус 3, аудитория 5.

<p>ного магнитного поля.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Газобаллонное оборудование.</li> <li>9. Термопара с соответствующим милливольтметром.</li> <li>10. Приспособление для замера нагрева электрода.</li> <li>11. Электроды стальные голые и с толстым (качественным) покрытием.</li> <li>12. Электродная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2–1,6мм.</li> <li>13. Стенд для автоматической дуговой сварки пластин встык, оборудованный амперметром и вольтметром.</li> <li>14. Цифровой термометр.</li> <li>15. Мел (<math>\text{CaCO}_3</math>).</li> <li>16. Поташ (<math>\text{K}_2\text{CO}_3</math>).</li> <li>17. Красная кровяная соль (<math>\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6</math>).</li> <li>18. Хромат калия (<math>\text{K}_2\text{CrO}_4</math>).</li> <li>19. Бихромат калия (<math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7</math>).</li> <li>20. Полевой шпат.</li> </ol>	
--	--

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС ВО и СУОС НИ ТПУ по направлению подготовки «Машиностроение», профиль подготовки «Оборудование и технология сварочного производства».

Программа одобрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_

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

Автор(ы) \_\_\_\_\_ Зернин Е.А.

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_