

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » апреля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Теория сварочных процессов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 360 (10)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.01 Машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Лучевые технологии в сварке  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для проведения контроля качества сварных соединений и организации на предприятии технологического процесса контроля качества сварных конструкций.

Задачи дисциплины:

- изучение основ термодинамического анализа процессов в сварочной ванне; кинетики металлургических процессов в условиях температурного цикла сварки;
- формирование умения выбирать методы исследования физико-химических процессов при сварке;
- формирование навыков прогнозировать направление физико-химических реакций в сварочной ванне, исследования и моделирования структурообразования металлов при сварке.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Физико-химические процессы в металлах при сварке:

- диссоциация соединений при сварке;
- параметры пара над сплавами в условиях сварки плавлением;
- равновесие между фазами в сварочной ванне;
- растворимость газов в металлах при сварке;
- легирование металла сварного шва через компоненты сварочных материалов;
- методы исследования диффузионных процессов при сварке;
- методы количественной параметризации структуры и моделирования структурообразования при сварке и родственных технологиях с использованием фрактального подхода.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-1ПК-3.3	Знать передовой отечественный и зарубежный опыт исследования физико-химических процессов в металлах при сварке.	Знает передовой отечественный и зарубежный опыт производства сварных конструкций, технологические процессы сварки, сварочное и вспомогательное оборудование	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-2ПК-3.3	Уметь выбирать и реализовывать методы исследования и моделирования физико-химических процессов при сварке.	Умеет разрабатывать планы по технической и технологической подготовке сварочного производства и производить анализ и экспертизу технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям	Экзамен
ПК-3.3	ИД-3ПК-3.3	Владеть навыками прогнозировать направление физико-химических реакций .в сварочной ванне, исследования и моделирования структурообразования металлов при сварке с использованием новых сварочных материалов.	Владеет навыками разработки и реализации мероприятий по внедрению прогрессивной техники и технологии, улучшению использования технологического оборудования и оснастки, повышению качества и надежности сварных конструкций, внедрения в производство прогрессивных методов сварки, новых сварочных материалов и оборудования, обеспечивающих сокращение затрат труда.	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	108	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	18	18
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	68	34	34
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	180	90	90
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	72	36	36
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36		36
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	360	180	180

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
2-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Законы термодинамики и расчет равновесия.	9	0	17	45
Введение. Основные понятия термодинамики. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Тема 1. Первый закон термодинамики. Расчет теплового эффекта реакции Второй закон термодинамики. Третий закон термодинамики. Расчет изменения энергии Гиббса реакции. Закон действия масс. Константа равновесия Уравнения изотермы и изобары реакции. Методы расчета константы равновесия. Равновесие в гетерогенных системах. Понятие активности, коэффициента активности. Правило фаз. Основные уравнения теории фазовых равновесий. Тема 2. Элементы термодинамики растворов Способы выражения состава раствора. Термодинамические характеристики растворов. Законы растворения газов в металлах: Рауля, Генри, Сивертса. Стандартные состояния растворов. Теоретические модели растворов. Влияние составляющих раствора на коэффициент активности компонента.				
Применение физико-химических расчетов для моделирования металлургических процессов в сварном шве.	9	0	17	45
Теории строения жидких шлаков. Основы термодинамики жидких шлаков. Термодинамические модели шлаков. Расчет равновесия в системе сплав-шлак. Методики расчета равновесия по теории регулярных ионных растворов. Тема 4. Моделирование процесса легирования металла сварного шва при сварке плавлением. Влияние легирующих элементов стали на коэффициент активности компонентов в сварном шве. Математическое моделирование термодинамики процесса легирования металла сварного шва через флюс или электродное покрытие при сварке плавлением.				
ИТОГО по 2-му семестру	18	0	34	90
3-й семестр				
Физико-химические методы исследования структурного, фазового состава и характерных температур.	9	0	17	45
Тема 5. Методы исследования структурного, фазового состава Термогравиметрия (ТГ). Метод дифференциального термического анализа (ДТА). Метод термомеханического анализа (ТМА). Определение количества и состава выделившегося газа (ЕГА). Сканирующая туннельная				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
микроскопия. Электронная микроскопия. Рентгеновская дифрактометрия, лазерная дифрактометрия. Рентгеновский фазовый анализ. Микрорентгеноспектральный анализ. Определение химического состава стали и сплавов методами спектрального анализа: ИК-спектроскопия; атомно-абсорбционной спектрометрии, фотометрии. Определение химического состава стали и сплавов методом химического анализа. Методы определения вязкости шлаков: Вискозиметрия, Метод капиллярного истечения, Метод движущегося в жидкости тела, Ротационные методы, Методы крутильных колебаний. Тема 6. Методы измерения температуры жидкого металла: Преобразователи термоэлектрические хромель-алюмелевые (ТХА), хромель-копелевые (ТХК) и железо-константановые (ТЖК); бесконтактное определение температуры открытой поверхности металла. Дилатометрический метод определения критических точек металлов и сплавов, процессов распада твердых растворов, а также температурных интервалов существования упрочняющих фаз. Методы определения состава газовой фазы: метод вакуум-плавления, масс-спектрометрия.				
Элементы химической кинетики в сварочных процессах	9	0	17	45
Тема 7. Уравнения формальной кинетики. Зависимость скорости реакции от температуры. Закон действующих масс в кинетике. Реакции первого и второго порядка. Лимитирующая стадия процесса. Зависимость скорости реакции от температуры. Тема 8. Уравнения диффузии. Основы математического моделирования процессов диффузии. Первое и второе уравнение Фика. Виды коэффициентов диффузии. Зависимость коэффициента диффузии от температуры. Условия выделения новой фазы. Концентрационная ситуация вблизи растущей (растворяющейся) частицы карбонитрида титана (молибдена) в металле сварного шва. Основы теории модифицирования структуры металла сварного шва. Кинетика процесса модифицирования металла сварного шва. Понятие рациональной температуры выделения фазы. Тема 9. Фрактальный анализ структуры металла шва и покрытия. Алгоритм фрактального анализа структуры металла шва. Алгоритм фрактального анализа пористых покрытий, поверхностей излома и др.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	0	34	90

ИТОГО по дисциплине	36	0	68	180
---------------------	----	---	----	-----

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Прогнозирование физико-химических реакций при сварке плавлением.
2	Изучения процессов газопоглощения в металле сварного шва.
3	Устойчивость химических соединений в условиях различных сварочных атмосфер.
4	Моделирование направления протекания химических реакций в условиях сварки (стандартные и нестандартные реакции).
5	Влияние состава расплава на коэффициенты активности компонентов в сварочной ванне.
6	Легирование металла сварного шва элементами из шлака (флюса, покрытия).
7	Определение параметров диффузионного процесса на основе эмпирических данных.
8	Моделирование структуры реальных физических объектов (структуры металла сварного шва, покрытия, поверхности излома) методами фрактальной параметризации.

### Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Моделирование кинетики роста модифицирующих частиц карбонитридных фаз (TiC, TiN, Mo <sub>2</sub> C, Mo <sub>2</sub> N, VC, VN и др.) в металле сварного шва.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>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, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся 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 обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	57
2	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов: моделирование физико-химических процессов в сварном шве : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	5
3	Теория сварочных процессов : учебник для вузов / А. В. Коновалов [и др.]. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007.	69
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Лавров Б. А. Физическая химия расплавов : учебное пособие / Б. А. Лавров, Ю. П. Удалов. - Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2013.	4
2	Т. 1. - Москва: , Машиностроение, 2004. - (Сварка. Резка. Контроль : справочник : в 2 т.; Т. 1).	44
3	Т. 2. - Москва: , Машиностроение, 2004. - (Сварка. Резка. Контроль : справочник : в 2 т.; Т. 2).	44
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Автоматическая сварка : Сварка. Резка. Наплавка. Пайка. Нанесение покрытий : международный научно-технический и производственный журнал / Национальная академия наук Украины; Институт электросварки им. Е.О. Патона; Международная ассоциация Сварка. - Киев: Сварка, 1948 - .	
2	Сварка и диагностика : научно-технический и производственный журнал по сварке, контролю и диагностике / Национальное агентство контроля и сварки. - Москва: Мастер-класс, 2006 - .	



3	Сварочное производство : научно-технический и производственный журнал / Технология машиностроения; Министерство промышленности и торговли Российской Федерации; Министерство образования и науки Российской Федерации; Российская инженерная академия; Союз машиностроителей России; Российское научно-техническое сварочное общество. - Москва: Машиностроение, 1930 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	Сварка : сборник стандартов ГОСТ и ГОСТ Р / Бюро промышленного маркетинга; Национальное агентство контроля и сварки ; Всероссийский научно-исследовательский институт классификации, терминологии и информации по стандартизации и качеству. - Москва: БПМ, 2007.	1
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	<a href="http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=653">http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=653</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Кривоносова Е. А. Теория сварочных процессов: моделирование физико-химических процессов в сварном шве : учебное пособие / Е. А. Кривоносова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=1350">http://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=1350</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	Персональные компьютеры	8
Лекция	Ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	Персональные компьютеры	8

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

**Теория сварочных процессов**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 15.04.01 «Машиностроение»

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Лучевые технологии в сварке

**Квалификация выпускника:** «Магистр»

**Выпускающая кафедра:** СПМиТМ

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 1

**Семестр:** 2

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 10 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 360 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 2,3 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине ТСП является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (2-го и 3-го семестра учебного плана), в каждом семестре учебный материал разбит на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов, в 3-м семестре предусмотрена курсовая работа. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине ТСП (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР/ ОПЗ	Т/КР		Экзамен
<b>2-й семестр</b>						
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 передовой отечественный и зарубежный опыт исследования физико-химических процессов в металлах при сварке	С1			Кр1		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
У.1 выбирать и реализовывать методы исследования и моделирования физико-химических процессов при сварке	С2		ОПЗ1 ОПЗ2 ОПЗ3 ОПЗ4	Кр2		ТВ
<b>Приобретенные владения</b>						
В.1 навыками прогнозировать направление физико-химических реакций в сварочной ванне, исследования и моделирования структурообразования металлов при сварке с использованием новых сварочных материалов			ОПЗ1 ОПЗ2 ОПЗ3 ОПЗ4			ТВ
<b>3-й семестр</b>						
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 передовой отечественный и зарубежный опыт	С3			Кр3		ТВ

исследования физико-химических процессов в металлах при сварке					
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1</b> выбирать и реализовывать методы исследования и моделирования физико-химических процессов при сварке	С4		ОПЗ5 ОПЗ6 ОПЗ7 ОПЗ8	Кр4	КуР
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>В.1</b> навыками прогнозировать направление физико-химических реакций в сварочной ванне, исследования и моделирования структурообразования металлов при сварке с использованием новых сварочных материалов			ОПЗ5 ОПЗ6 ОПЗ7 ОПЗ8		КуР

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ(КуР) – кейс-задача (индивидуальное задание, задание на курсовую работу); ОПЗ – отчет по практической работе; КР – контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание;*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практической работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 8 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Физико-химические процессы и структурообразование сталей, жаропрочных никелевых сплавов, титановых сплавов при сварке», вторая КР – по модулю 2 «Физико-химические методы исследования структурного и фазового состава металла сварного шва и шлака при сварке сталей, жаропрочных никелевых сплавов, титановых сплавов».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Уравнения формальной кинетики применительно к процессам сварки и наплавки.
2. Зависимость скорости реакции от температуры
3. Закон действующих масс в кинетике

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Диффузионные процессы в металле сварного шва.
2. Первое и второе уравнение Фика.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений. Комплексные задания (КЗ) и задания на курсовую работу (КуР) предусмотрены для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Раскисление металла сварочной ванны. Сравнительная характеристика раскислительной способности металлов. Особенности раскисления при различных способах сварки.
2. Модифицирование металла сварного шва. Коэффициент перехода и модифицирующая способность легирующих элементов.
3. Рафинирование металла сварного шва. Особенности рафинирования при различных способах сварки.
4. Свариваемость металлов. Методы оценки свариваемости углеродистых и легированных сталей, никелевых сплавов.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Методы определения фазового состава сплавов.
2. Методы измерения температуры жидкого металла.
3. Методы изучения структуры металла.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре. Типовой вариант экзаменационных билетов представлен в Приложении 1.*

### **Типовая тема курсовых проектов/работ**

Моделирование кинетики роста модифицирующих частиц карбонитридных фаз  $TiC_xN_y$  в металле сварного шва стали 16ГАФ при сварке под флюсом указанного состава (30CaO, 40TiO<sub>2</sub>, 10FeO, 10MnO, 10 SiO<sub>2</sub>).

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент*

проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

## **Приложение 1.**

### ***Типовые экзаменационные билеты для проверки знаний, умений и владений***

#### **БИЛЕТ № 1**

1. Уравнения формальной кинетики, физический смысл входящих величин.  
(контроль знаний)

2. Описать сущность методов измерения температуры жидкого металла: принцип действия преобразователей термоэлектрических хромель-алюмелевых (ТХА), хромель-копелевых (ТХК) и железо-константановых (ТЖК); бесконтактное определение температуры открытой поверхности металла.  
(контроль знаний и умений)

3. Привести расчет константы равновесия гетерогенной реакции раскисления сварочной ванны стали Ст.3. кремнием.  
(контроль умений и владений)