

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**«ОСОБЕННОСТИ ДИФФУЗНОГО НАСЫЩЕНИЯ  
В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОЛИТНОГО НАГРЕВА»**

Направление подготовки «22.06.01 – Технологии материалов»

Направленность «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Квалификация (степень) выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Кострома**

Рабочая программа дисциплины «Особенности диффузного насыщения в условиях электролитного нагрева» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования уровень высшего образования подготовки кадров высшей квалификации, направления подготовки **22.06.01 – Технологии материалов**, утвержден 30 июля 2014 года

Разработал:   
подпись Дьяков Илья Геннадьевич, доцент кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

Рецензент:   
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

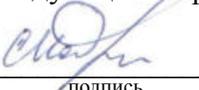
УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 15 от 29 июня 2017 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 12 от 28 июня 2018 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 10 от 20 мая 2019 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
подпись Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 10 от 7 мая 2020 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики



\_\_\_\_\_ Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и  
подпись  
теоретической физики, к.т.н., доцент

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры общей и теоретической физики  
Протокол заседания кафедры № 5 от 14 января 2021 г.  
Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

  
\_\_\_\_\_ Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и  
подпись  
теоретической физики, к.т.н., доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью курса является подготовка аспирантов направления «Технологии материалов» к научно-исследовательской деятельности в области науки, техники, технологий и педагогики, охватывающих совокупность задач указанного направления, включая преподавательскую деятельность по образовательным программам высшего образования.

В результате изучения учебной дисциплины «Особенности диффузного насыщения в условиях электролитного нагрева» у обучаемых должны сформироваться профессиональные компетенции:

- способностью и готовностью теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии (ОПК-1);
- способностью и готовностью использовать на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии (ОПК-5);
- способностью и готовностью вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей (ОПК-7);
- способностью и готовностью разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ (ОПК-9);
- способностью выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов (ОПК-10);
- способностью и готовностью разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов (ОПК-11);
- способностью и готовностью участвовать в проведении технологических экспериментов, осуществлять технологический контроль при производстве материалов и изделий (ОПК-12);
- способностью и готовностью участвовать в сертификации материалов, полуфабрикатов, изделий и технологических процессов их изготовления (ОПК-13);
- способностью и готовностью организовывать работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, их элементов, разрабатывать проекты стандартов и сертификатов, проводить сертификацию материалов, технологических процессов и оборудования, участвовать в мероприятиях по созданию системы качества (ОПК-16);
- способностью и готовностью руководить работой коллектива исполнителей, участвовать в планировании научных исследований (ОПК-17);
- способность и готовность обосновывать и прогнозировать влияние фазового состава материала и структуры на его свойства (ПК-2)

Задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представления о сложной картине диффузионных процессов при анодном электролитно-плазменном процессе;
- подготовить аспирантов к проведению самостоятельных исследований с использованием подходов, применяемых для исследования взаимосвязи фаз и структур, образующихся в ходе электролитно-плазменного насыщения поверхности детали;

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- показатели материалов, модифицированных различными методами;

- характеристики заготовок, оборудования и расходных материалов, необходимых для реализации технологического процесса;
- современные тенденции развития металлообработки, а также современные методы обработки материалов;
- основные междисциплинарные законы естествознания;
- патентное законодательство в Российской Федерации;
- структуру технического задания на создание новой техники;
- условия реализации технологического процесса и ожидаемые результаты;
- основы современной измерительной техники;
- методы регистрации физических величин;
- режимы обработки и составы электролитов для электролитно-плазменной модификации;
- возможности применяемого оборудования;
- основы технического контроля при производстве материалов и изделий;
- нормативные и технические документы, описывающие качество производимых материалов и изделий;
- основы технического контроля при производстве материалов и изделий;
- нормативные и технические документы, описывающие качество производимых материалов и изделий;
- практические достоинства и ограничения выпускаемых изделий;
- правила стандартизации и действующее законодательство;
- состояние вопроса в изучаемой области;
- материальные и возможности коллектива исполнителей;
- технические характеристики выпускаемых изделий;
- требования к условиям эксплуатации изделия;
- механизм фазовых превращений в металлах и сплавах на основе железа и титана;
- влияние фазового состава на комплекс физико-химических свойств поверхности изделия;

уметь:

- оценивать социальные последствия от использования применяемой технологии;
- применять знания из других областей для выдвижения новых высокоэффективных технологий;
- выявлять признаки новых технических решений в разрабатываемых способах, устройствах и веществах;
- ставить научную задачу и определять пути ее достижения;
- формулировать цели и задачи разработки;
- выбирать необходимое оборудование для регистрации физических величин;
- определять комплекс величин, необходимых для регистрации результатов проводимых экспериментов;
- выявлять последовательность операций конкретного процесса;
- выполнять контроль над производимыми материалами и изделиями в соответствии с нормативными документами;
- выполнять контроль над производимыми материалами и изделиями в соответствии с нормативными документами;
- оформлять требуемую документацию;
- критически оценивать квалификацию, потенциал и психологические особенности исполнителей;
- прогнозировать и выявлять вероятные сбои и отказы в работе оборудования;
- прогнозировать режимы обработки для формирования необходимой микроструктуры и химического состава для достижения требуемых свойств;

владеть:

- методами оценки технико-экономической эффективности производственных процессов и их экологических последствий.
- основными приемами обработки металлов и сплавов .
- навыками составления формулы изобретения;

- навыками патентного поиска.
- структуру технического задания на создание новой техники;
- условия реализации технологического процесса и ожидаемые результаты;
- методами экспериментальных измерений и теоретических расчетов.
- методами экспериментальных измерений и теоретических расчетов.
- средствами контроля качества новых изделий.
- средствами контроля качества новых изделий.
- средствами контроля качества новых изделий.
- необходимыми методами и средствами измерений.
- навыками самостоятельной научной работы.
- навыками ремонта и эксплуатации выпускаемого изделия.
- приемами обработки деталей различными методами .

освоить компетенции:

- способностью и готовностью теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии (ОПК-1);
- способностью и готовностью использовать на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии (ОПК-5);
- способностью и готовностью вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей (ОПК-7);
- способностью и готовностью разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ (ОПК-9);
- способностью выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов (ОПК-10);
- способностью и готовностью разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов (ОПК-11);
- способностью и готовностью участвовать в проведении технологических экспериментов, осуществлять технологический контроль при производстве материалов и изделий (ОПК-12);
- способностью и готовностью участвовать в сертификации материалов, полуфабрикатов, изделий и технологических процессов их изготовления (ОПК-13);
- способностью и готовностью организовывать работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, их элементов, разрабатывать проекты стандартов и сертификатов, проводить сертификацию материалов, технологических процессов и оборудования, участвовать в мероприятиях по созданию системы качества (ОПК-16);
- способностью и готовностью руководить работой коллектива исполнителей, участвовать в планировании научных исследований (ОПК-17);
- способность и готовность обосновывать и прогнозировать влияние фазового состава материала и структуры на его свойства (ПК-2)

### **3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Данная дисциплина изучается в четвертом и пятом семестрах и входит в вариативную часть учебного плана подготовки. Основу дисциплины составляют вопросы, связанные с описанием процессов химико-термической обработки сплавов на основе железа и титана. В данном курсе аспиранты знакомятся с особенностями насыщения поверхностного слоя деталей легкими элементами, образующимися фазами, составом, которые оказывают влияние на итоговые эксплуатационные свойства рабочих поверхностей, а также отличиями процесса анодной электролитно-плазменной обработки от классической химико-термической обработки. Полученные сведения будут

использованы в дальнейшем научном исследовании, а также на практике по специальности.

Перед изучением дисциплины «Особенности диффузного насыщения в условиях электролитного нагрева» обучающийся должен иметь представление о теплофизических процессах при анодном электролитно-плазменном нагреве, фазовых превращениях и классической химико-термической обработке металлов и сплавов. Требуемые компетенции на минимальном и среднем уровне формируются в рамках учебного плана при изучении дисциплин «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», «Теплофизическая картина анодного нагрева в водных электролитах» и «Электрическая проводимость приэлектродной парогазовой оболочки».

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для научного исследования и практике по специальности.

#### 4. Объем дисциплины (модуля)

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная	Заочная
Общая трудоемкость в зачетных единицах	3	3
Общая трудоемкость в часах	108	108
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	18	14
Лекции	6	6
Практические занятия	12	8
Лабораторные занятия		
Самостоятельная работа в часах	90	94
Форма промежуточной аттестации	Зачет (4), экзамен (5)	Зачет (4), экзамен (5)

##### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная	Заочная
Лекции	6	6
Практические занятия	12	8
Лабораторные занятий		
Консультации	2	2
Зачет/зачеты	0,25	0,25
Экзамен/экзамены	0,35	0,35
Курсовые работы		
Курсовые проекты		
Всего	20,6	16,6

#### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

##### 5.1 Тематический план учебной дисциплины (очная форма)

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Особенности переноса	18	2	4		12

	вещества при АЭПН					
2	Цементация	20	2	4		14
3	Азотирование	17	1	2		14
4	Другие виды насыщения	17	1	2		14
	Экзамен	36				36
	ИТОГО	108	6	12		90

### 5.1 Тематический план учебной дисциплины (заочная форма)

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Особенности переноса вещества при АЭПН	18	2	2		14
2	Цементация	20	2	2		16
3	Азотирование	17	1	2		14
4	Другие виды насыщения	17	1	2		14
	Экзамен	36				36
	ИТОГО	108	6	8		94

### 5.2. Содержание:

#### Тема 1. Особенности переноса вещества при анодном электролитно-плазменном нагреве

Явление анодного электролитно-плазменного нагрева, механизм формирования парогазовой оболочки, основные гипотезы о механизме проводимости оболочки, распределение тепловых потоков в системе, по длине детали, фазовые превращения в сталях при нагреве.

#### Тема 2. Цементация при анодном электролитно-плазменном нагреве

Особенности электролитно-плазменного насыщения, состав электролитов для цементации, фазовый состав диффузионных слоев, кинетика насыщения углеродом, свойства цементованных слоев, выработка электролита и рекомендации по их применению.

#### Тема 3. Азотирование при анодном электролитно-плазменном нагреве

Состав электролитов для насыщения сталей азотом, состав и структура азотированных слоев, кинетика насыщения железа азотом, трение и износ азотированных слоев, распределение микротвердости и поверхностная твердость среднеуглеродистых сталей после азотирования, прочность, пластичность и ударная вязкость.

#### Тема 3. Другие виды насыщения при анодном электролитно-плазменном нагреве

Особенности совместного насыщения сталей азотом и углеродом, составы электролитов для нитроцементации, борирование, сульфидирование, диффузионное насыщение титановых сплавов легкими элементами.

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

(очная форма)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Особенности переноса вещества при АЭПН		12	Для подготовки задания использовать учебник [1, 2] из списка основной литературы	Письменный опрос
2.	Цементация	Решение индивидуальных заданий	14	Для подготовки задания использовать учебник [1, 2] из списка основной литературы и учебник [3] из списка дополнительной	
3	Азотирование	Обзор литературы	14	Для подготовки задания использовать учебник [1, 2] из списка основной литературы	Выступление с докладом
4	Другие виды насыщения	Аналитический обзор литературы	14	Для подготовки задания использовать учебник [1, 3] из списка основной литературы	Выступление с докладом
5	Экзамен	Решение зачетных заданий	36	Для подготовки задания использовать учебник [1, 2] из списка основной литературы и учебник [3] из списка дополнительной	Экзамен

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

(заочная форма)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Особенности переноса вещества при АЭПН		14	Для подготовки задания использовать учебник [1, 2] из списка основной литературы	Письменный опрос
2.	Цементация	Решение индивидуальных заданий	16	Для подготовки задания использовать учебник [1, 2] из списка основной литературы и учебник [3] из списка дополнительной	
3	Азотирование	Обзор литературы	14	Для подготовки задания использовать учебник [1, 2] из списка основной литературы	Выступление с докладом
4	Другие виды насыщения	Аналитиче	14	Для подготовки задания	Выступление с

		ский обзор литературы		использовать учебник [1, 3] из списка основной литературы	докладом
5	Экзамен	Решение зачетных заданий	36	Для подготовки задания использовать учебник [1, 2] из списка основной литературы и учебник [3] из списка дополнительной	Экзамен

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

### Семинар 1. Методы электролитного нагрева

На первом семинаре обсуждаются вопросы, связанные с анодным электролитно-плазменным нагревом, обсуждаются феноменологические модели переноса заряда через парогазовую оболочку, а также вопросы, связанные с распределением тепла в системе. Этот материал в дальнейшем необходим для анализа протекающих при насыщении процессах.

### Семинар 2. Особенности диффузионного насыщения углеродом.

Центральный вопрос данного семинара – влияние процессов растворения и окисления обрабатываемой поверхности при анодном электролитно-плазменном нагреве. Изменение размеров детали приводит к тому, что классические уравнения диффузии приводят к формальному противоречию: для разных составов рабочих растворов при одних и тех же прочих условиях насыщения получаются разные коэффициенты диффузии углерода в сталь. Такое противоречие может быть устранено рассмотрением процессов окисления и растворения.

### Семинар 3. Составы электролитов, применяемых для цементации.

Здесь основной проблемой является материаловедческий аспект: какая получается микроструктура, фазовый и элементный состав при скоростной цементации. Рассматривается понятие углеродного или науглероживающего потенциала.

### Семинар 4 и 5. Особенности азотирования при анодном нагреве.

Эти два семинара по логике построения материала повторяют предыдущие два, но только с учетом того, что насыщение происходит азотом.

### Семинар 6. Другие виды насыщения.

Здесь рассматривается одновременное насыщение сталей азотом и углеродом, их взаимное влияние, насыщение бором и серой, как частный вид скоростной обработки.

## 7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

*а) основная:*

1. Электролитно-плазменная модификация металлов : учебник / П.Н. Белкин, С.Ю. Шадрин, С.А. Кусманов, И.Г. Дьяков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Костромской государственный университет имени Н. А. Некрасова. - Кострома : КГУ им. Н. А. Некрасова, 2014. - 308 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-7591-1475-8 ; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275634> (01.08.2018).

2. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов : в 2-х т. / П.Н. Белкин, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин и др. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2011. - Т. 1. - 464 с. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-267-0 ; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88982> (01.08.2018).

3. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов : в 2-х т. / И.В. Суминов, П.Н. Белкин, А.В. Эпельфельд и др. - Москва : РИЦ "Техносфера", 2011. - Т. 2. - 464 с. - ISBN 978-5-94836-268-7 ; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88983> (01.08.2018).

*б) дополнительная:*

1. Анисович, А.Г. Рентгеноструктурный анализ в практических вопросах материаловедения : научное издание / А.Г. Анисович ; Национальная академия наук Беларуси. - Минск : Беларуская навука, 2017. - 209 с. : ил. - Библиогр.: с.199-205. - ISBN 978-985-08-2112-6 ; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483969> (01.08.2018).

2. Слесарчук, В.А. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие / В.А. Слесарчук. - 2-е изд., стер. - Минск : РИПО, 2015. - 392 с. : схем., ил. - Библиогр.: с. 384. - ISBN 978-985-503-499-6 ; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463342> (01.08.2018).

3. Солнцев, Ю.П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения : учебное пособие / Ю.П. Солнцев, В.Ю. Пирайнен, С.А. Вологжанина ; ред. Ю.П. Солнцева. - Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. - 784 с. - ISBN 978-5-93808-143-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98341> (01.08.2018).

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Университетская библиотека online»
3. ЭБС «Znanium»

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Аудитория для лекций и практических занятий:**

Корпус УЛК, № 212, количество посадочных мест – 30, мультимедийный комплекс, включающий экран, ноутбук и проектор.

**Аудитории для самостоятельной работы:**

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.