

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ  
ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ**


Направление подготовки «22.06.01–Технологии материалов»


Направленность «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель исследователь

**Кострома**


Рабочая программа дисциплины «Комбинированные методы электролитно-плазменной обработки» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования уровень высшего образования подготовки кадров высшей квалификации, утвержден 30 июля 2014 года

Разработал:   
подпись Белкин Павел Николаевич, профессор кафедры общей и теоретической физики, д.т.н., профессор

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

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

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



подпись

Шадрин Сергей Юрьевич, заведующий кафедрой общей и

теоретической физики, к.т.н., доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний о практической реализации явления нагрева в водных растворах электролитов, применяемого для электрохимической модификации металлов и сплавов

Задачи дисциплины:

- подготовка аспирантов к научно-исследовательской и проектно-конструкторской работе, включая оформление научных работ, патентование, разработку исследовательских программ и мероприятий;
- подготовка аспирантов к производственной деятельности, включая разработку технологических процессов и необходимой документации;
- подготовка аспирантов к реализации исследовательских проектов, включая оценки рисков, сертификацию и унификацию продукции.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- обоснование и оптимизацию технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии, в частности, классификацию методов и приемов электролитно-плазменной модификации, режимы обработки, исходные материалы и требуемое оборудование, методы экстремального планирования экспериментов, степень антропогенного воздействия процесса на окружающую среду;
- процедуру разработки и выпуска технологической документации на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции, в частности, действующие на предприятии нормы и стандарты оформления документации, характеристики выпускаемой продукции, измерительные средства технического контроля;
- методы экономических оценок производственных и непроизводственных затрат на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества, в частности, режимы обработки и составы электролитов для электролитно-плазменной модификации; возможности применяемого оборудования;
- нормативные требования, обеспечивающие безопасность производственной и эксплуатационной деятельности, в частности, правила техники безопасности при работе с электроустановками и химическими веществами, особенности установок электролитно-плазменной обработки;
- методы проведения патентного поиска по тематике исследований, оформления материалов для получения патентов, анализа, систематизации и обобщения информации из глобальных компьютерных сетей, в частности, патентное законодательство в Российской Федерации; ведущие страны в избранной области науки и техники, совокупность признаков изобретения способа, устройства, материала;
- правила обработки результатов научно-исследовательской работы, оформления научно-технических отчетов, подготовки к публикации научных статей и докладов, в частности, структуру научных статей российской и международной печати, правила форматирования рисунков, таблиц, формул и библиографических ссылок; стандарты оформления научно-технических отчетов;
- процедуру разработки технических заданий и программ проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ, в частности, структуру технического задания на создание новой техники, образцы заданий для проектирования установок электролитно-плазменной модификации металлов и сплавов, порядок выполнения экспериментального или теоретического исследования;
- процедуру разработки технологического процесса, технологической оснастки, рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных материалов, в частности, режимы обработки и составы электролитов, последовательность операций при электролитно-плазменной модификации металлов и сплавов различными способами;

– методы оценки инвестиционных рисков при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий, в частности, классификацию рисков и методы их минимизации, выбор методики анализа и страхования рисков;

– методику разработки мероприятий по реализации разработанных проектов и программ, в частности, цель исследования, имеющиеся кадровые и материальные ресурсы, потребности рынка в предлагаемых проектах;

– процедуру организации работ 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, в частности, правила стандартизации, сертификации продукции и действующее законодательство, технические характеристики выпускаемых изделий; требования к условиям эксплуатации изделия;

– особенности руководства работой коллектива исполнителей и участия в планировании научных исследований, в частности, профессиональные возможности коллектива исполнителей и материальные ресурсы, актуальность цели исследования, ожидаемые результаты, последовательность выполнения экспериментальных и теоретических заданий;

– процедуру авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий, в частности, требования к эксплуатации оборудования, схему рабочего участка и необходимых коммуникаций, программу испытаний и обработки пробной партии изделий;

– взаимосвязь между условиями воздействия на материал и возникающими в нем структурными изменениями, в частности, влияние режимов обработки и составов электролитов на структуру, фазовый и элементный состав модифицированного слоя, его микротвердость и шероховатость поверхности;

**уметь:**

– теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии, в частности, анализировать энергетику процесса и методы снижения энергоемкости, оценивать электрохимические особенности электролитно-плазменной модификации металлов и сплавов, выявлять достоинства и недостатки разных технологий;

– разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции, в частности, находить оптимальные режимы обработки и составы электролитов, последовательность операций для получения структуры с заданными свойствами, оформлять документацию по заданному регламенту, найти средства измерений для контроля качества продукции;

– экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества, в частности, оценивать затраты на электроэнергию, химические реактивы, затраты труда и стоимость оборудования, а также производственные и другие риски;

– выполнять нормативные требования, обеспечивающие безопасность производственной и эксплуатационной деятельности, в частности, предусмотреть защиту оператора от воздействия электрического тока, выполнять регламент хранения и использования химических реактивов, учитывать необходимость принудительной вентиляции;

– вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей, в частности, собирать информацию о разработках других исследователей, выявлять признаки новых технических решений в разрабатываемых способах, устройствах и веществах;

– обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады, в частности, форматировать документы согласно действующим стандартам, создавать рисунки, набирать таблицы и формулы в надлежащих редакторах, готовить электронные презентации докладов для публичных выступлений;

– разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ, в частности, оформлять документацию согласно действующим

стандартам, подготавливать необходимые иллюстрации, выстраивать порядок теоретических и экспериментальных исследований;

- разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов, в частности, обосновать и сформулировать порядок операций, режимы обработки, необходимое оборудование и приспособления, подготовительные процедуры и завершающие мероприятия;

- оценивать инвестиционные риски при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий, в частности, прогнозировать и выявлять вероятные сбои и отказы в работе оборудования, выбирать схему анализа рисков и возможного страхования;

- разрабатывать мероприятия по реализации разработанных проектов и программ, в частности, выявлять практические достоинства и ограничения выпускаемых изделий, тенденции изменений на рынке, состояния потребителей и производителей;

- 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, в частности, выявлять новизну и практическую значимость полученных результатов, оформлять требуемую документацию, анализировать результаты обработки, достигаемые альтернативными методами;

- руководить работой коллектива исполнителей, участвовать в планировании научных исследований, в частности, критически оценивать квалификацию, потенциал и психологические особенности исполнителей, формулировать цель исследования и разработать групповую и индивидуальные программы исследования;

- вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий, в частности, разработать схему рабочего участка с необходимыми коммуникациями, программу опытно-промышленных испытаний, контролировать выбор пробной партии обрабатываемых изделий и измерения их характеристик после обработки;

- выявлять взаимосвязь между условиями воздействия на материал и возникающими в нем структурными изменениями, в частности, анализировать механизм и условия переноса насыщающего компонента из раствора электролита в парогазовую оболочку, реакции его разложения и закономерности переноса на обрабатываемую поверхность, оценивать углеродный, азотный или борный потенциал изучаемых насыщающих сред;

**владеть:**

- 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, в частности, методами оценки технико-экономической эффективности производственных процессов и их экологических последствий, методами контроля качества выпускаемой продукции;

- способностью и готовностью разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции, в частности, информацией о характеристиках выпускаемой продукции, методами измерений ключевых параметров с оценкой их точности и воспроизводимости;

- способностью и готовностью экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества, в частности, методиками расчета технико-экономической эффективности, включая затраты на амортизацию оборудования, оплату персонала, затраты на электроэнергию и химические реактивы;

- способностью и готовностью выполнять нормативные требования, обеспечивающие безопасность производственной и эксплуатационной деятельности, в частности, опытом использования основных и вспомогательных средств защиты от поражения электрическим током, хранения и применения химических реактивов, навыками приготовления растворов;

- способностью и готовностью вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей, в частности, навыками патентного поиска и

опытом выявления существенных признаков конструкций электролизеров, технологических операций при электролитно-плазменной обработке, компонентов электролитов и их концентраций, навыками составления формулы изобретения;

– способностью и готовностью обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады, в частности, опытом подготовки научных статей и докладов на конференциях, программами создания презентаций, построения графиков, оформлением списка литературы, набором формул и форматированием таблиц;

– способностью и готовностью разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ, в частности, навыками подготовки технических заданий на разработку и изготовление макетных образцов установок электролитно-плазменной обработки, включая выбор источника питания, конструкцию электролизера, механизм подачи обрабатываемой детали в зону обработки и систему циркуляции и охлаждения рабочего электролита;

– способностью и готовностью разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов, в частности, опытом проектирования процесса электролитно-плазменного диффузионного насыщения, включая предварительную подготовку детали, способ ее подачи в зону обработки, режимы насыщения и состав рабочего электролита, способ охлаждения после насыщения;

– способностью и готовностью оценивать инвестиционные риски при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий, в частности, методикой анализа инвестиционных рисков, выбора способа минимизации и страхования экономических рисков,

– способностью и готовностью разрабатывать мероприятия по реализации разработанных проектов и программ, в частности, информацией о состоянии рынка, наличии потенциальных потребителей и возможностях предприятия-изготовителя, методикой подготовки бизнес-плана;

– 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, в частности, знаниями законодательных актов Российской Федерации, государственных стандартов, правил выполнения работ, законодательства Российской Федерации о техническом регулировании;

– способностью и готовностью руководить работой коллектива исполнителей, участвовать в планировании научных исследований, в частности, опытом планирования изучения варианта электролитно-плазменного насыщения заданного сплава выбранными элементами, включающего операции обработки, анализа фазового и структурного состава, морфологии и шероховатости поверхности, измерений микротвердости, износостойкости и коррозионной стойкости, выполняемых различными исполнителями;

– способностью и готовностью вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий, в частности, опытом наладки и запуска установок электролитно-плазменной обработки, навыками обучения персонала, опытом разработки программы испытаний и обработки пробной партии изделий;

– способностью и готовностью выявлять взаимосвязь между условиями воздействия на материал и возникающими в нем структурными изменениями, в частности, навыками измерений и исследований энергетических, электрохимических и насыщающих свойств водных электролитов для азотирования, цементации, нитроцементации и борирования, опытом изучения возникающих структурных изменений в модифицированном слое, законами диффузии, анодного растворения и высокотемпературного окисления сталей и титановых сплавов;

освоить компетенции:

– способность и готовность 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);

– способность и готовность разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции (ОПК-2);

- способность и готовность экономически оценивать производственные и непроизводственные затраты на создание новых материалов и изделий, проводить работу по снижению их стоимости и повышению качества (ОПК-3);
- способность и готовность выполнять нормативные требования, обеспечивающие безопасность производственной и эксплуатационной деятельности (ОПК-4);
- способность и готовность вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей (ОПК-7);
- способность и готовность обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады (ОПК-8);
- способность и готовность разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ (ОПК-9);
- способность и готовность разрабатывать технологический процесс, технологическую оснастку, рабочую документацию, маршрутные и операционные технологические карты для изготовления новых изделий из перспективных материалов (ОПК-11);
- способность и готовность оценивать инвестиционные риски при реализации инновационных материаловедческих и конструкторско-технологических проектов и внедрении перспективных материалов и технологий (ОПК-14);
- способность и готовность разрабатывать мероприятия по реализации разработанных проектов и программ (ОПК-15);
- способность и готовность 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);
- способность и готовность руководить работой коллектива исполнителей, участвовать в планировании научных исследований (ОПК-17);
- способность и готовность вести авторский надзор при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых материалов и изделий (ОПК-18);
- способность и готовность выявлять взаимосвязь между условиями воздействия на материал и возникающими в нем структурными изменениями (ПК-1).

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

Дисциплина «Комбинированные методы электролитно-плазменной обработки» относится к курсам по выбору вариативной части учебного плана образовательной программы направления подготовки «Технологии материалов». Изучается в 5 семестре обучения.

Дисциплина «Комбинированные методы электролитно-плазменной обработки» касается завершающего аспекта электролитно-плазменной модификации металлов и сплавов. В этом курсе аспиранты знакомятся с конкретными технологическими возможностями метода, требованиями к оборудованию, принципам планирования и реализации научных исследований и практических разработок, а также правилам оформления соответствующей документации. Полученные сведения будут использованы в научном исследовании и на практике по специальности.

Перед изучением дисциплины «Комбинированные методы электролитно-плазменной обработки» обучающийся должен иметь представления о теплофизических, электрохимических и материаловедческих аспектах электролитно-плазменной обработки. 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», «Особенности диффузного насыщения в условиях электролитного нагрева» 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 форма	Заочная
Общая трудоемкость в зачетных единицах	2	2
Общая трудоемкость в часах	72	72
Аудиторные занятия в часах, в том числе:		
Лекции	4	6
Практические занятия	2	2
Лабораторные занятия	2	4
Самостоятельная работа в часах	–	–
Самостоятельная работа в часах	68	66
Форма промежуточной аттестации	зачет (5 семестр)	зачет (5 семестр)

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

Виды учебных занятий	Очная форма	Заочная
Лекции	2	2
Практические занятия	2	4
Лабораторные занятия	–	–
Консультации		
Зачет/зачеты	0,25	0,25
Экзамен/экзамены		
Курсовые работы	–	–
Курсовые проекты	–	–
Всего	4,25	6,25

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

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

№	Название раздела, темы	Всего з.ед/час	Аудиторные занятия			Самостоят. работа
			Лекции	Практ.	Лаб.	
1	Модификация покрытий	21	1	–		20
2	Дополнительная термическая обработка упрочненных слоев	22	1	1		20
3	Преобразование поверхностной структуры с удалением материала	19	–	1		18
	Зачет	10				10
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>2/72</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>68</b>

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

№	Название раздела, темы	Всего з.ед/час	Аудиторные занятия			Самостоят. работа
			Лекции	Практ.	Лаб.	
1	Модификация покрытий	22	1	1		20
2	Дополнительная термическая	22	1	1		20

	обработка упрочненных слоев					
3	Преобразование поверхностной структуры с удалением материала	18	–	2		16
	Зачет	10				10
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>2/72</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		<b>66</b>

## 5.2. Содержание дисциплины:

### Тема 1. Модификация покрытий

Варианты классификация электролитно-плазменных технологий по полярности включения обрабатываемых деталей, типу обрабатываемого материала, локализации падения напряжения, характеру технологического процесса, конструкции рабочей системы и типу источника питания. Режимы и условия обработки композиционных электрохимических покрытий, в частности, содержащих борид никеля. Повышение качества электроискровых покрытий с помощью анодного азотирования или цементации в водных электролитах. Анодное азотирование или цементация химического никель-фосфорного слоя, нанесенного на электроискровое покрытие. Формирование остаточных напряжений сжатия на хромовых покрытиях путем их анодного нагрева с последующей закалкой.

Основные узлы установок электролитного нагрева. Требования к источнику питания. Конструкции рабочих камер. Признаки изобретения и новизны технических решений. Структура технического задания на создание новой техники. Указания мер безопасности. Установки электролитного нагрева. Организация производственного участка электролитно-плазменной обработки. Программа пуско-наладочных работ и обучения персонала. Классификация рисков и методы их минимизации.

### Тема 2. Дополнительная термическая обработка упрочненных слоев

Электролитно-плазменная закалка азотированных сталей. Дополнительное оксидирование стальных и титановых сплавов путем их охлаждения на воздухе после электролитно-плазменного насыщения азотом, углеродом и бором. Анодное азотирование с последующими вакуумным старением, вакуумным нитрооксидированием или нитроцементацией в атмосфере пиролиза жидких углеводородов. Комбинированная обработка титановых сплавов с помощью анодного нитрооксидирования и вакуумного старения. Улучшение механических свойств магнитомягких сталей совмещением вакуумного отжига с анодной химико-термической обработкой. Комбинированная обработка инструмента из титановых сплавов путем их механической обработки, вакуумной закалки, старения в две стадии вместе с анодным нитрооксидированием. Катодный отжиг предварительно наклепанной аустенитной нержавеющей стали для повышения ее твердости и износостойкости без ухудшения коррозионной стойкости.

Последовательность операций электролитно-плазменной модификации. Технологическая карта. Оценка себестоимости технологии. Методы контроля качества обработки. Принципы сертификации технологических процессов и оборудования. Опытно-промышленные испытания.

### Тема 3. Преобразование поверхностной структуры с удалением материала

Режимы и составы электролитов для электролитно-плазменного полирования сталей. Закономерности прохождения тока через парогазовую оболочку при повышенных напряжениях. Методы очистки сталей от загрязнений, покрытий или оксидных слоев. Биполярная схема обработки проката. Электролитно-плазменное диспергирование графита для изготовления графеноподобных структур.

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Предметом дисциплины «Комбинированные методы электролитно-плазменной обработки» является совокупность операций при реализации процесса, а также приемы их выполнения и необходимое для этого оборудование. Изучение предмета начинается с первого раздела, где рассматриваются не только конкретные технические решения для модифицирования металлов и сплавов с помощью их диффузионного насыщения в условиях анодного электролитного нагрева, но и общенаучные и общетехнические приемы исследования. К ним относятся понятие «черного

ящика», изучение свойств которого возможно путем анализа его реакции на внешние воздействия, не вникая во внутренний механизм этой реакции. Здесь же изучаются методы планирования эксперимента, разработка программы исследования, а также действующие стандарты оформления научных текстов, в том числе, научных статей, отчетов и заявок на гранты.

Основной целью курса является формирование у аспирантов представлений о практическом использовании анодного электролитного нагрева. На примере этого процесса необходимо понять основные принципы построения любой технологии и ее формализации в надлежащих документах. Учащиеся должны обратить внимание на многие аспекты производственной деятельности, сопутствующие непосредственной обработке деталей, а именно, на требования техники безопасности, методы контроля качества обработки, оценку себестоимости процесса, организацию производственного участка, оценку рисков при реализации продукции и другое.

Все эти аспекты непосредственно связаны с конструкциями установок для реализации процесса и их отдельных узлов. При изучении известных технических решений необходимо обратить внимание на их новизну, выделяя элементы, которые уже защищены патентами или авторскими свидетельствами. Здесь необходимо ознакомиться с основами действующего законодательства по охране интеллектуальной собственности, рассмотреть признаки изобретения и обозначить возможные пути достижения новых технических решений. В этом же разделе аспиранты изучают правила и стандарты подготовки технической документации, в частности, заявок на патентование, технических заданий на изготовление новой техники, программы опытно-промышленных испытаний, пуско-наладочных работ и обучения персонала эксплуатации новой техники, организации производственного участка электролитно-плазменной обработки.

#### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (очное обучение)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Модификация покрытий	Подготовка научной статьи	20	Материалы своих исследований	Доклад на семинаре, тест
2	Дополнительная термическая обработка упрочненных слоев	Выполнение индивидуальных заданий	20	Перечень заданий	Доклад на семинаре, тест
3	Преобразование поверхностной структуры с удалением материала	Обзор литературы	18	Источники [1, 2] из списка основной литературы	Доклад на семинаре, тест
	Зачет	Выполнение заданий, ответы на вопросы	10		Вопросы к зачету

#### Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (заочное обучение)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Модификация покрытий	Подготовка научной статьи	20	Материалы своих исследований	Доклад на семинаре, тест
2	Дополнительная термическая обработка упрочненных слоев	Выполнение индивидуальных заданий	20	Перечень заданий	Доклад на семинаре, тест
3	Преобразование поверхностной структуры с	Обзор литературы	16	Источники [1, 2] из списка основной литературы	Доклад на семинаре, тест

	удалением материала				
	Зачет	Выполнение заданий, ответы на вопросы	10		Вопросы к зачету

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

### Семинар 1. Модификация покрытий

На первом семинаре обсуждаются методы реализации электролитно-плазменной обработки и различные варианты их классификации. Сначала производится опрос аспирантов по известным схемам осуществления обработки. После этого рассматриваются возможные классы деталей, которые могут быть обработаны по той или иной схеме. Акцент делается на практической значимости покрытий и возможности улучшения их свойств. Далее рассматривается стабилизация условий нагрева, прежде всего, температуры электролита, с учетом затрат энергии, расхода химических реактивов, сложности изготовления и эксплуатации конструкции рабочей камеры и теплообменника.

### Семинар 2. Дополнительная термическая обработка упрочненных слоев

Прежде всего, аспиранты отвечают на вопросы о требованиях к составам электролитов, касающихся их электропроводности, температуры возгонки компонентов, смачивания материала образца или детали, а также обосновывают физический смысл этих требований. После этого обсуждаются известные компоненты, обеспечивающие электропроводность и служащие источниками азота, углерода, бора и др. Аспиранты делятся опытом применения конкретных составов и сообщают обнаруженные ими достоинства и недостатки.

### Семинар 3. Оформление научной документации

Рассмотрение темы начинается с конкретной научной статьи достаточно высокого уровня. Сначала аспиранты оценивают ее стержень: название, цель и выводы. Как правило, здесь всегда есть место для критики, поэтому вдумчивые учащиеся могут найти погрешности и отклонения. Далее, следует перейти к анализу той же цепочки на примере научного отчета, который отличается масштабом исследования и, соответственно, объемом. Здесь также имеется единая цель, но уже распадающаяся на отдельные задачи. Еще сложнее заявка на конкурс, где также имеется цель и задачи для ее достижения, но применительно к еще не полученной информации.

Структурные элементы статьи, отчета и заявки известны, для их освоения достаточно обычной практики. Желательно обсудить на семинаре конкретные рукописи статей, которые подготовил или готовит кто-то из аспирантов.

### Семинар 4. Комбинирование диффузионного насыщения с закалкой, отжигом или оксидированием.

В начале занятия обсуждаются режимы нитрозакалки, дополнительного окисления кислородом воздуха, а также отжига наклепанной стали. После этого выясняются возможности улучшения их эксплуатационных свойств. Далее аспиранты представляют собственные исследования согласно модели «черного ящика». Первый этап – это перечень факторов и возможные интервалы их варьирования. Полезно оценить практические возможности варьирования переходом от натуральных переменных к кодированным (безразмерным). В этом вопросе полезна дискуссия и попытки аудитории найти ошибки каждого автора, которыми могут быть пропущенные факторы, недостаточно строгий учет качественных факторов и возможности их варьирования. На втором этапе обсуждаются возможные функции отклика и методика построения ряда ранжирования факторов по одной из функций.

Третий этап предусматривает построение плана эксперимента для решения конкретной задачи, где от аспиранта требуется обоснование принятого решения: полного факторного эксперимента, дробной реплики или планомерное измерение однофакторных зависимостей. Здесь же дается понятие планирования экстремального эксперимента методом крутого восхождения.

### Семинар 5. Технология обработки.

Аспирантам дается задание: написать последовательность операций электролитно-плазменной обработки и обосновать ее. Здесь возможны альтернативные варианты, одинаково допустимые с точки зрения окончательного результата. Тем не менее, дискуссия позволит обнажить существенные переходы и отделить их от вспомогательных действий.

После этого, учащиеся рассматривают известные технологические карты для сходных процессов и по их образу и подобию составляют аналоги для изучаемых ими технологий.

#### **Семинар 6. Оценка эффективности и проведение испытаний.**

В начале семинара рассматриваются фрагменты расчета себестоимости продукции, включающие затраты на энергию, материалы, труд оператора и амортизацию оборудования. После этого по известным тарифам и нормативным коэффициентам каждый учащийся рассчитывает себестоимость разрабатываемой им технологии для конкретных деталей. Совместный анализ полученных результатов даст возможность оценить вес каждого из фрагментов и целесообразность их удешевления.

Далее рассматриваются возможные показатели качества обработки и методы их контроля. После этого каждый аспирант составляет программу испытаний исследуемого им процесса и докладывает аудитории. Здесь же готовится шаблон отчета по результатам испытаний.

#### **Семинар 7. Сертификация**

На этом семинаре аспиранты обсуждают цели сертификации и характеристики продукции, которые проверяются при сертификации. После этого рассматриваются конкретные технологии и установки для выявления критических параметров их качества пригодности. Также необходимо оценить схемы сертификации и порядок ее проведения. Изучение темы завершается анализом структуры законодательной и нормативной базы сертификации. Далее заслушиваются подготовленные доклады аспирантов.

#### **Семинар 8. Установки электролитного нагрева**

На занятии устраивается конкурс на модернизацию установки. Сначала учащиеся обсуждают основные узлы установок и требования к ним. После этого преподаватель задает основные параметры и класс обрабатываемых деталей. На базе полученных данных аспиранты предлагают собственную конструкцию установки, которая должна содержать те или иные усовершенствования. Обсуждаются все практические аспекты оборудования: соответствие заданным параметрам, удобство ввода ее в эксплуатацию, проведения профилактики, ремонтпригодность, сохранности, транспортировки и др. Отдельно рассматриваются меры техники безопасности. Критический анализ каждого технического решения должен выявить достоинства и недостатки предлагаемых конструкций. Особое внимание уделяется техническим решениям, обладающим признаками новизны и возможностью их патентования. Завершается семинар знакомством со структурой технического задания на создание новой техники, в частности, установки электролитного нагрева. Далее заслушиваются подготовленные доклады аспирантов.

#### **Семинар 9. Полирование сталей и титановых сплавов**

Семинар начинается с разработки схемы участка электролитного нагрева на предприятии. Аспиранты формулируют требования к помещению (электропитание, вентиляция, водоснабжение) и составляют эскиз участка с необходимым оснащением. После этого обсуждаются требуемые пуско-наладочные работы, материалы и химреактивы, необходимые для их реализации, а также методику обучения оператора установок электролитного нагрева.

Во второй части семинара учащиеся намечают отрасли, предприятия и учреждения, где могут быть востребованы установки электролитного нагрева или упрочненных на них партии деталей. Рассматриваются возможные риски и методы их снижения. В завершение темы аспиранты составляют черновик бизнес-плана на срок до пяти лет с оценкой возможной прибыли. Далее заслушиваются подготовленные доклады аспирантов.

#### **Семинар 10. Контрольная работа**

На последнем занятии проводится тестирование аспирантов.

### **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

(модуля)

**а) основная:**

1. Суминов И. В. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов. Том I/ И. В. Суминов, П. Н. Белкин, А. В. Эпельфельд, В. Б. Людин, Б. Л. Крит, А. М. Борисов – М.: Техносфера, 2011. – 464 с. / [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=88982](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=88982)
2. Электролитно-плазменная модификация металлов учебник / П.Н. Белкин, С.Ю. Шадрин, С.А. Кусманов, И.Г. Дьяков; Министерство образования и науки Российской Федерации, Костромской государственной 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>

**б) дополнительная:**

1. Белкин П. Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов. М: Мир, 2005. – 336 с.
2. Коротаев Д.Н., Мишуров А.Ф., Шутова Е.Ю.. Технологический процесс термической обработки деталей машин. Омск.: Издательство СибАДИ. 2002. <http://bek.sibadi.org/fulltext/ed122.pdf>
3. Горбоконенко В. Д., Шикина В.Е. Сертификация в вопросах и ответах. Ульяновск. 2005. <http://www.studfiles.ru/preview/1075775/>
4. Правила оформления отчета по НИР. <http://www.ifap.ru/library/gost/7322001.pdf>
5. Guide for Authors <http://www.elsevier.com/journals/surface-and-coatings-technology/0257-8972/guide-for-authors>
6. Yerokhin A. L., Nie X., Leyland A., Matthews A., Dowe S. J. Plasma electrolysis for surface engineering // Surface and Coatings Technology. 1999. 122. P. 73-93.
7. P.N. Belkin, A.L. Yerokhin, S.A. Kusmanov. Plasma Electrolytic Saturation of Steels with Nitrogen and Carbon // Surf. Coat. Technol. 307 Part C (2016) 1194–1218.

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

Информационно-образовательные ресурсы:

1. Федеральный портал «Российское образование»;
  2. Официальный сайт министерства образования и науки Российской Федерации
- Электронные библиотечные системы:
1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
  2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>
  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 T3-4170, 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.