

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 57,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Качалин Г.В.
	Идентификатор	Rc52a4a9c-KachalinGV-f75a674e

Г.В. Качалин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.
Яворовский

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.
Яворовский

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: формирование у студентов комплекса базовых знаний о химических и физических методах синтеза наночастиц и наноматериалов, о способах контролируемого роста для получения наночастиц требуемого размера и формы, о методах синтеза пленок и покрытий, о массивных наноструктурированных и микропористых материалах, о самоорганизации наночастиц в пленках и объемных структурах, о технологиях и оборудовании для модификации функциональных поверхностей современных энергетических объектов, теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ.

Задачи дисциплины

- знакомство с историей становления нанотехнологии;
- овладение специфической терминологией;
- формирование представлений об эффектах, возникающих при модификации рабочих поверхностей трубопроводов и теплообменного оборудования поверхностно-активными веществами;
- изучение физических основ проявления у наноматериалов уникальных свойств;
- ориентация студентов в перспективных направлениях и областях применения нанотехнологий в энергетике, теплоэнергетических системах предприятий и ЖКХ;
- изучение технологических подходов к получению наночастиц и наноматериалов;
- изучение опытно-промышленного оборудования для формирования на элементах энергетического оборудования многофункциональных нанокompозитных покрытий;
- изучение аналитического оборудования для исследования характеристик наноматериалов и защитных нанокompозитных покрытий;
- формирование представлений об эффектах, возникающих при модификации рабочих поверхностей трубопроводов и теплообменного оборудования поверхностно-активными веществами.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен участвовать в эксплуатации теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ	ИД-4 _{ПК-3} Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ	знать: - основные термины, определения и понятия применительно к нанотехнологиям; особенности строения наноматериалов и их отличия от традиционных материалов; основные возможности и перспективы применения нанотехнологий для разработки мероприятий по совершенствованию технологий производства, транспортировки и потребления тепловой и электрической энергии;; - основы эрозийного, абразивного и коррозионного разрушения конструкционных материалов, применяемых сегодня в энергетике и теплоэнергетике; - принципы построения высоковакуумных систем для реализации процессов модификации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>конструкционных материалов и формирования нанокompозитных покрытий; возможности и способы применения поверхностно-активных веществ для удаления отложений и повышения коррозионной стойкости поверхностей энергетического и теплоэнергетического оборудования.</p> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать схемные решения для реализации ионно-плазменных технологий формирования нанокompозитных покрытий на элементах энергетического и теплоэнергетического оборудования; <p>ставить задачу на разработку способа/способов модификации или формирования функциональных покрытий с требуемыми характеристиками, исходя из условий эксплуатации и свойств материалов изделий/элементов энергетических систем, теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать На базовом уровне программы бакалавриата курсы по следующим дисциплинам: «Физика», «Химия», "Материаловедение. Технология конструкционных материалов", «Техническая термодинамика»

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Термины и определения	18	2	6	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термины и определения"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термины и определения"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 99 - 131, Термины и определения с. 15 - 41; 137 - 149 [4], с. 14 - 32;</p>
1.1	Современное состояние и задачи использования нанотехнологий в теплоэнергетических системах предприятий и ЖКХ	8		2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Химические, физические методы синтеза наночастиц и наноматериалов	10		4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2	Эрозионный износ металлов	22		10	-	6	-	-	-	-	-	6	-	
2.1	Классификация факторов, как причины износа и разрушения элементов энергетического оборудования	10		6	-	4	-	-	-	-	-	-	-	
2.2	Методы исследования свойств поверхности конструкционных материалов и покрытий	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Эрозионный износ металлов"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Эрозионный износ металлов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], с. 158 - 190 [4], https://op.mpei.ru/#/work-programs/work-programs-disciplines/primary/6420/method-directions~:text=%D0%AD%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B8%D0%</p>	

	металлов. Особенности эрозионного разрушения материалов с покрытиями													систем предприятий и ЖКХ". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], с. 4 - 38; 94 - 128
4.2	Применение ПАВ-технологий для повышения эффективности функционирования теплоэнергетического оборудования и систем ЖКХ	12	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-		
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	108.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	24	33.5		
	Итого за семестр	108.0	32	-	16	2	-	-	0.5	57.5				

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Термины и определения

1.1. Современное состояние и задачи использования нанотехнологий в теплоэнергетических системах предприятий и ЖКХ

Понятие нанотехнологии, основные термины и определения. История развития нанотехнологий. Физико-химические особенности наноматериалов. Современные достижения нанотехнологий. Актуальные задачи применения нанотехнологий в теплоэнергетических системах, элементах машин и аппаратах.

1.2. Химические, физические методы синтеза наночастиц и наноматериалов

Классификация наноматериалов. Основные физические причины уникальных свойств наноматериалов. Свойства наноматериалов. Основные подходы к получению наноматериалов: «сверху-вниз», «снизу-вверх». Химические способы получения наноматериалов. Примеры оборудования для химического получения наноматериалов. Физические способы получения наноматериалов. Примеры оборудования для физического получения наноматериалов. Плазмо-химические способы и оборудование для получения наноматериалов.

2. Эрозионный износ металлов

2.1. Классификация факторов, как причины износа и разрушения элементов энергетического оборудования

Анализ отказов при эксплуатации современного энергетического оборудования. Классификация основных причин, вызывающих разрушение функциональных поверхностей оборудования. Примеры повреждений элементов энергетического оборудования. Применяемые способы защиты элементов энергетического оборудования. Требования к методам защиты и защитным покрытиям для наиболее ответственных элементов энергетического оборудования. Эрозионный износ элементов оборудования при высокоскоростном ударном воздействии жидких частиц – причины и примеры проявления, влияние на эффективность работы оборудования. Абразивный износ элементов энергетического оборудования: причины и примеры проявления, влияние на эффективность работы оборудования. Экспериментальное оборудование для моделирования абразивного износа материалов и покрытий.

2.2. Методы исследования свойств поверхности конструкционных материалов и покрытий

Определение структуры и размеров наночастиц. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Электронная микроскопия. Определение толщины тонких пленок и покрытий. Определение шероховатости поверхности. Способы определения механических свойств материалов и покрытий. Определение твердости и нанотвердости. Определение трибологических характеристик.

3. Вакуумное обеспечение ионно-плазменных технологий

3.1. Физические основы процессов при формировании покрытий в вакууме. Классификация методов получения покрытий

Характеристики методов получения покрытий в вакууме. Понятие вакуумное напыление. Термическое испарение материалов в вакууме. Основные преимущества и недостатки вакуумных методов получения покрытий. Оборудование для создания и поддержания вакуума. Принципы измерения низкого давления – вакуума. Основные параметры

формирования покрытий в вакууме. Требования к подготовке поверхности при формировании покрытий в вакууме. Процесс электролитно-плазменной обработки материалов.

3.2. Современные ионно-плазменные способы нанесения покрытий. Схемы формирования 2D и 3D нанокompозитных покрытий

Ионно-плазменные способы формирования покрытий в вакууме. Преимущества ионно-плазменных технологий. Взаимодействие ионов с твердой поверхностью. Схемы формирования нанокompозитных покрытий. Магнетронное распыление материалов, преимущества, недостатки, области применения. Понятие дугового распыления (испарения). Структура распыленного потока при дуговом распылении. Конструкции дуговых испарителей, области применения. Понятие о процессе HIPIMS. Особенности горения высокоомощного импульсного магнетронного разряда. Состав плазмы при режиме HIPIMS. Применение HIPIMS.

4. Применение нанокompозитных покрытий для повышения эффективности энергетических систем, теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ

4.1. Экспериментальное моделирование эрозии металлов. Особенности эрозионного разрушения материалов с покрытиями

Экспериментальные стенды для моделирования процессов высокоскоростного взаимодействия жидких частиц с поверхностью материалов. Типичная кривая эрозионного износа пластичных материалов. Методика изучения характеристик поверхности после каплеударного воздействия. Влияние защитных покрытий на процесс эрозионного износа при каплеударном воздействии.

4.2. Применение ПАВ- технологий для повышения эффективности функционирования теплоэнергетического оборудования и систем ЖКХ

Основные причины снижения энергоэффективности теплоэнергетического оборудования и трубопроводных систем транспортировки водных сред в процессе эксплуатации. Основы применения молекулярных слоев некоторых видов ПАВ для повышения эффективности трубопроводных систем. Механизм формирования наноструктурированных покрытий на основе ПАВ на рабочих поверхностях оборудования. Влияние покрытий на основе молекул ПАВ на термодинамические и гидродинамические характеристики теплоэнергетического оборудования. Экспресс методика оценки коррозионных свойств защитных покрытий. Электрохимические способы определения коррозионной стойкости материалов и покрытий. Применение ПАВ технологий для защиты энергетического оборудования. Оценка эффективности покрытий на основе ПАВ-технологий при блокировании коррозионных процессов и решении проблем удаления старых и предотвращения образования новых термобарьерных отложений.

3.3. Темы практических занятий

1. Изучение устройства и принципа работы мобильной установки для внедрения ПАВ-технологий в системе ЖКХ;
2. Изучение оборудования «Гефест-18-4М» для формирования ионно-плазменных покрытий на крупногабаритных элементах запорной арматуры, теплообменного оборудования, оболочек ТВЭЛ;
3. Изучение установки «Гефест+» для формирования нанокompозитных и диффузионных покрытий. Проведение демонстрационного технологического процесса по нанесению на образцы покрытия на основе титана;
4. Изучение оборудования для электролитно-плазменной полировки конструкционных

материалов. Проведение электролитно-плазменной полировки образцов из легированных сталей;

5. Изучение экспериментального оборудования для определения микротвердости и нанотвердости материалов и покрытий;
6. Изучение нанопрофиломера «Dektak 150». Определение толщин нанослоев и шероховатости покрытий;
7. Изучение методики разработки дизайна 2D нанокompозитных покрытий.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение нанокompозитных покрытий для повышения эффективности энергетических систем, теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Термины и определения"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Эрозионный износ металлов"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Вакуумное обеспечение ионно-плазменных технологий"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Применение нанокompозитных покрытий для повышения эффективности энергетических систем, теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
принципы построения высоковакуумных систем для реализации процессов модификации конструкционных материалов и формирования нанокompозитных покрытий; возможности и способы применения поверхностно-активных веществ для удаления отложений и повышения коррозионной стойкости поверхностей энергетического и теплоэнергетического оборудования	ИД-4ПК-3			+		Тестирование/Вакуумное обеспечение ионно-плазменных технологий
основы эрозионного, абразивного и коррозионного разрушения конструкционных материалов, применяемых сегодня в энергетике и теплоэнергетике	ИД-4ПК-3		+			Тестирование/Эрозионный износ металлов»
основные термины, определения и понятия применительно к нанотехнологиям; особенности строения наноматериалов и их отличия от традиционных материалов; основные возможности и перспективы применения нанотехнологий для разработки мероприятий по совершенствованию технологий производства, транспортировки и потребления тепловой и электрической энергии;	ИД-4ПК-3	+				Тестирование/Термины и определения
Уметь:						
выбирать схемные решения для реализации ионно-плазменных технологий формирования нанокompозитных покрытий на элементах энергетического и теплоэнергетического оборудования; ставить задачу на разработку способа/способов модификации или формирования функциональных покрытий с требуемыми характеристиками, исходя из условий эксплуатации и	ИД-4ПК-3				+	Контрольная работа/Применение нанокompозитных покрытий для повышения эффективности изделий энергетического и теплоэнергетического оборудования

свойств материалов изделий/элементов энергетических систем, теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ						
--	--	--	--	--	--	--

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. Вакуумное обеспечение ионно-плазменных технологий (Тестирование)
2. Термины и определения (Тестирование)
3. Эрозионный износ металлов» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Применение нанокompозитных покрытий для повышения эффективности изделий энергетического и теплоэнергетического оборудования (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Хартманн, У. Очарование нанотехнологии : пер. с нем. / У. Хартманн. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 173 с. – (Нанотехнологии). – ISBN 978-5-947745-88-7.;
2. Гусев, А. И. Наноматериалы. Наноструктуры. Нанотехнологии / А. И. Гусев. – 2-е изд., испр. – М. : Физматлит, 2009. – 416 с. – ISBN 978-5-9221-0582-8.;
3. Филиппов, Г. А. Гидродинамика и тепломассообмен в присутствии поверхностно-активных веществ / Г. А. Филиппов, Г. А. Салтанов, А. Н. Кукушкин. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 184 с.;
4. Беззубцева М. М., Волков В. С.- "Нанотехнологии в энергетике", Издательство: "СПбГАУ", Санкт-Петербург, 2019 - (63 с.)
<https://e.lanbook.com/book/191238>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
8. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
9. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
10. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
11. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
12. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	3-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	3-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	3-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-204, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стеллаж, стол преподавателя, стол для оргтехники, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-206, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стул, шкаф для документов, стол письменный, кондиционер, дипломные и курсовые работы студентов

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Применение нанотехнологий в теплоэнергетике

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Термины и определения (Тестирование)

КМ-2 Эрозионный износ металлов» (Тестирование)

КМ-3 Вакуумное обеспечение ионно-плазменных технологий (Тестирование)

КМ-4 Применение нанокompозитных покрытий для повышения эффективности изделий энергетического и теплоэнергетического оборудования (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	10	14
1	Термины и определения					
1.1	Современное состояние и задачи использования нанотехнологий в теплоэнергетических системах предприятий и ЖКХ		+			
1.2	Химические, физические методы синтеза наночастиц и наноматериалов		+			
2	Эрозионный износ металлов					
2.1	Классификация факторов, как причины износа и разрушения элементов энергетического оборудования			+		
2.2	Методы исследования свойств поверхности конструкционных материалов и покрытий			+		
3	Вакуумное обеспечение ионно-плазменных технологий					
3.1	Физические основы процессов при формировании покрытий в вакууме. Классификация методов получения покрытий				+	
3.2	Современные ионно-плазменные способы нанесения покрытий. Схемы формирования 2D и 3D нанокompозитных покрытий				+	
4	Применение нанокompозитных покрытий для повышения эффективности энергетических систем, теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ					
4.1	Экспериментальное моделирование эрозии металлов. Особенности эрозионного разрушения материалов с покрытиями					+
4.2	Применение ПАВ- технологий для повышения эффективности функционирования теплоэнергетического оборудования и систем ЖКХ					+

	Bec KM, %:	25	25	25	25
--	------------	----	----	----	----