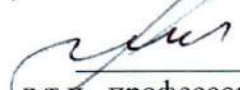




Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры


А.Ф. Сальников
д.т.н., профессор кафедры РКТ и ЭС

« 12 » « Мад » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Научные проблемы энергетического машиностроения»**

Научная специальность	2.5.21 Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Ракетно-космической техники и энергетических систем
Форма обучения	Очная
Курс: 3	Семестр (ы): 3
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт: 5	

Пермь 2022 г.

1. Общие положения

Программа дисциплины «**Научные проблемы энергетического машиностроения**» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;

Паспорт научной специальности

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области понимания возникновения проблем (научных, технических, технологических и организационных) в современном энергетическом машиностроении, применительно к созданию, отработке и эксплуатации ГТУ, ГПА.

Задачами дисциплины являются

– способность планировать и проводить экспериментальные исследования с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов;

– способность находить творческие решения научных задач, готовность принимать нестандартные решения, проводить научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы ;

– об условиях возникновения проблем, связанных с развитием мировой энергетики и методах их разрешения применительно к созданию, отработке и эксплуатации ГТУ, ГПА;

– использования приемов и способов решения задач, направленных на устранение возникающих проблем в энергетическом машиностроении применительно к созданию, отработке и эксплуатации ГТУ, ГПА.

– формирование навыков оценки получаемых решений задач, вытекающих из проблем в энергетическом машиностроении применительно к созданию, отработке и эксплуатации ГТУ, ГПА.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Научные проблемы энергетического машиностроения» является обязательной дисциплиной цикла базового учебного плана. Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.5.21 – Машины, агрегаты и процессы (машиностроение) и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

Знать:

– конструктивные особенности ГТУ и ГПА и других устройств и теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, установках;

– научные методы исследований в области энергетического машиностроения;

Уметь:

- формулировать структуру технической проблемы, оформлять, представлять и докладывать ее суть и возможный уровень ее решения;
- оценивать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, анализировать и разрабатывать рекомендации по дальнейшей эксплуатации;

Владеть:

- навыками принятия конкретных технических решений при конструировании и эксплуатации энергетических объектов;
- современной компьютерной техникой и средствами коммуникации, необходимыми для эффективного использования программных средств.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч.
		5 семестр
	Аудиторная работа	20
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	9
	Самостоятельная работа (СР)	88
	Форма итогового контроля	экзамен

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Современное состояние мировой и российской энергетики и ее перспективы
(Л – 2, СР – 22)

Тема 1. Научная проблема и способы ее решения

Правовая база Российской Федерации в области энергетического машиностроения. Основы научного поиска и методы организации. Научные проблемы разработки энергетического оборудования. Проблемы технического обслуживания. Научные проблемы газодинамики турбомашин и пути их решения. Научные и практические проблемы вибрационной надежности турбомашин. Методы анализа надежности типовых элементов и узлов ГТУ и ГПА. Научные проблемы разработки систем охлаждения, совершенных систем уплотнений, подшипниковых узлов, покрытий для высокотемпературных деталей. Проблемы технического обслуживания. Научные проблемы газодинамики компрессоров и пути их решения. Научные и практические проблемы вибрационной надежности компрессора. Структурирование проблемы, как направление научных исследований, декомпозиция проблемы на задачи и методы их решения.

Тема 2. Современное развитие ГПА

Особенности научного подхода в анализе повышения экономической, технической, эксплуатационной и ремонтно-обслуживающей сфере объектов энергетического машиностроения. Современные газовые турбины: их устройство, параметры, области применения. Примеры лучших зарубежных ГТУ. Основные проблемы создания конкурентоспособных ГТУ в России. Понятия и виды компрессоров. Современные

нагнетатели: их устройство, параметры, области применения. Примеры лучших зарубежных нагнетателей. Основные проблемы создания конкурентоспособных нагнетателей в России.

Раздел 2. Основное и вспомогательное оборудование (Л – 2 , СР – 22)

Тема 3. Основное и вспомогательное оборудование

Основные проблемы системы подготовки топливного газа, системы охлаждения и смазки ГТУ и нагнетателя, система очистки воздуха и система выхлопа. Примеры лучших зарубежных и Российских производителей. Научные проблемы разработки основных систем ГПА Экологические и технологические проблемы. Методы и способы их решения.

Тема 4. Экологическая и техногенная безопасность

Экологические и техногенные проблемы энергетического оборудования. Влияние энерготрансформирующего оборудования на окружающую среду. Экологически безопасные технологии сжигания газа в камере сгорания ГТУ. Газоочистка дымовых газов. Установки азотоочистки дымовых газов. Селективное некаталитическое восстановление оксидов азота (СНКВ). Селективное каталитическое восстановление оксидов азота (СКВ). Анализ конкретных примеров внедрения природоохранных технологий на действующих зарубежных и российских энергетических установках

Раздел 3. Научные перспективы развития энергомашиностроения (ПЗ –1, ПЗ - 3, СР – 22)

Тема 5. Оптимизация энергетических установок к конкретным условиям эксплуатации

Природные, климатические, техногенные, экономические, условия и проблемы развития энергоустановок. Проблемы достижения практически абсолютной надежности, экобезопасности, дальнейшего приближения к пределу по энергоэффективности. Реализованные полностью, либо частично принципиально новые и продуктивные проектно-конструкторские и технологические решения для силового оборудования энергоблока, включая ГТУ и генератор, их регулирования. Перспективные инновационные предложения: симметрические включения в систему станционного узла энергосистемы.

Тема 6. Проблемы повышения эффективности и надежности газотурбинных и комбинированных установок

Структура подходов в оценке надежности в энергомашиностроении. Критерии эффективности. Ремонтпригодность. Оценки остаточного ресурса.

Раздел 4. Актуальные проблемы науки и техники в энергетическом машиностроении

(ПЗ – 3, СР – 22)

Тема 7. Общие сведения об актуальных проблемах науки и техники энергетического машиностроения

Развитие энергетического машиностроения в соответствии с теориями эволюционного, либо синергетического развития. Корреляция задач повышения технико-эксплуатационных свойств с проблемами механики и термодинамики вещества в различных агрегатных состояниях конструкторско-технологическими и эколого-экономическими решениями. Близкий и дальний порядок реальных сред. Модель Френкеля жидкого состояния. Хаос. Порядок из хаоса. Синергетические представления. Виды энергии. Фундаментальные и локальные законы механики взаимодействия вещества и поля. Континуум, понятие сплошности и нерешенные проблемы для сред в различных фазовых состояниях. Явления ползучести и текучести. Физико-математическое моделирование динамики текучих сред. Тензоры напряжений, деформаций и скорости деформаций. Феноменологичность и нелинейность уравнений механики жидкости и газа. Турбулентный переход. Проблемы описания турбулентных течений.

Тема 8. Современные научные и прикладные проблемы в области нагнетательных агрегатов

Проблемы дальнейшего совершенствования регулирования для комбинированных энергоблоков по показателям целевых функций и определяющих качеств. Применение физических оснований и математического аппарата теории управления техническими системами и методологии компьютерного эксперимента. Задачи оптимизации коэффициента усиления прямой цепи, диапазона регулирования скорости выходного динамического звена, мощности, коэффициента полезного использования энергии приводящего двигателя, числа каскадов усиления, устройств резервирования энергии и подсистем дублирования информационных и исполнительных каналов управления. Структурно-параметрические, конструктивно-технологические и эксплуатационные решения оптимизации рабочего процесса нагнетательных насосов и агрегатов в целом. Инженерная оптимизация нагнетателя по точности, быстродействию и запасам устойчивости в линейной и нелинейной постановках. Применение материалов и опорно-уплотнительных узлов с усовершенствованными свойствами по показателям назначения и функциональных качеств, объемно-дрессельного и частотного регулирования с оптимизированными выходными параметрами в реально существующем диапазоне изменения внутренних и внешних возмущающих воздействий.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.2)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	5	Влияние ГКС на окружающую среду. Экологически безопасные технологии сжигания газа в камере сгорания ГТУ». – формирование задания и выбор стратегии выполнения поставленных задач при решении проблем функционирования ГКС.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	6	Современные энергоустановки: их устройство, параметры, области применения». – анализ и разработка рекомендации по дальнейшей эксплуатации ГТУ и ГПА.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	7	Проблемы дальнейшего совершенствования регулирования для комбинированных энергоблоков по показателям целевых функций и определяющих качеств». – формирование задания и выбор стратегии выполнения поставленных задач при решении проблем функционирования ГКС.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	8	Проблемы, связанные с выбором схемных и конструкторских решений при создании комбинированных энергоблоков». – формирование результатов научных достижений в технические предложения по нагнетателям.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Научные проблемы газодинамики турбомашин и пути их решения. Структурирование проблемы, как направление научных исследований, декомпозиция проблемы на задачи и методы их решения.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Основные проблемы создания конкурентоспособных ГТУ в России. Основные проблемы создания конкурентоспособных нагнетателей в России.	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	Научные проблемы разработки основных систем ГПА. Проблемы работоспособности газопроводного хозяйства ГПС. Основные направления совершенствования и минимизации потерь транспортируемого газа.	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	Основные проблемы оптимизации и пути совершенствования работы основного элемента КПС – ГПА. Экологически безопасные технологии сжигания газа в камере сгорания ГТУ.	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	5	Уровни показателей надежности, ресурса, экологичности, удельной энергоемкости, массогабаритных и др. качеств для энергетических установок. Основные проблемы создания конкурентоспособных энергоустановок в России.	Творческое задание	Темы творческих заданий
6	6	Модели оценки остаточного ресурса энергетического оборудования. Основные показатели эффективности эксплуатационных характеристик энергетических машин	Творческое задание	Темы творческих заданий

7	7	<p>Фундаментальные и локальные законы механики взаимодействия вещества и поля. Континуум, понятие сплошности и нерешенные проблемы для сред в различных фазовых состояниях.</p> <p>Структурно-параметрические, конструктивно-технологические и эксплуатационные решения оптимизации рабочего процесса нагнетательных насосов и агрегатов в целом.</p>	Творческое задание	Темы творческих заданий
8	8	<p>Структурно-параметрические, конструктивно-технологические и эксплуатационные решения оптимизации рабочего процесса нагнетательных насосов и агрегатов в целом.</p> <p>Задачи оптимизации коэффициента усиления прямой цепи, диапазона регулирования скорости выходного динамического звена, мощности, коэффициента полезного использования энергии приводящего двигателя, числа каскадов усиления, устройств резервирования энергии и подсистем дублирования информационных и исполнительных каналов управления.</p>	Творческое задание	Темы творческих заданий

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Научные проблемы энергетического машиностроения» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

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

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
	2	3
1 Основная литература		
1	Болдин А.П. Основы научных исследований: учебник для вузов / А. П. Болдин, В. А. Максимов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Академия, 2014. – 349 с.	22
2	Космин В.В. Основы научных исследований: общий курс: учебное пособие для вузов / В. В. Космин. – 2-е изд. – Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2014. – 213 с	2
	Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство: [учебное пособие] / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М.А. Олферьева. – Москва: Либроком, 2015.	6
	Шингель Л.П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1: учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	25 + ЭБ ПНИПУ
	<u>Чумаков Ю.А. Теория и расчёт транспортных газотурбинных двигателей: учебник для вузов / Ю. А.Чумаков.</u> – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. – 447 с.	2
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства: учебное пособие для вузов / И. Б. Рыжков. – Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2012. – 222 с.	4+ ЭБС «Лань»
2	Пижурич А.А. Методы и средства научных исследований : учебник для вузов / А.А. Пижурич, А.А. Пижурич (мл.), В.Е. Пятков. – Москва: ИНФРА-М, 2015. – 264 с	2
3	Овчаров А.О. Методология научного исследования: учебное пособие / А.О. Овчаров, Т.Н. Овчарова. – Москва: ИНФРА-М, 2014. – 304 с.	3
4	Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебник / Н.Г. Занько, К.Р. Малаян, О.Н. Русак. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2016. – 696 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70508 , по IP-адресам компьютер. сети ПНИПУ	ЭБС «Лань»
2.2 Периодические издания		
	Журнал «Территория НЕФТЕГАЗ».	
	Журнал «Газотурбинные технологии»	
	Technoloie fuer stationaere Gasturbinen VGB Powertech	
2.3 Нормативно-технические издания		
	ГОСТ Р 54404-2011 Агрегаты газоперекачивающие с	

	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
	2	3
	газотурбинным приводом. Общие технические условия	
	Газпром 2-3.5-438-2010 «Расчет теплотехнических, газодинамических и экологических параметров газоперекачивающих агрегатов на переменных режимах». - М.: ОАО «Газпром», 2010. - 70 с.	
	СТО Газпром 2-3.5-138-2007 «Типовые технические требования к газотурбинным ГПА и их системам». - М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007 - 35 с	
	СТО Газпром 2-3.5-253-2008 «Контроль качества оборудования при поставке и эксплуатации. Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Аппараты воздушного охлаждения газа	
2.4 Официальные издания		
	«Вертолетные газотурбинные двигатели» - Машиностроение сборники статей	КонсультантПлюс с
	«Нефть, газ и бизнес». ИРЦ «Газпром» - сборники статей	КонсультантПлюс с
	ВНИИЭГАЗПром. Серия «Транспорт и хранение газа».	КонсультантПлюс
	Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	КонсультантПлюс с

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. *Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.*

2. *Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

3. *ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

4. *Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

5. *Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.*

6. *Инженерно-технический журнал «ANSYS Advantage – <http://www.ansysadvantage.ru>*

7. *Инженерно-технический журнал «ANSYS Solutions. Русская редакция» – <http://www.ansysolutions.ru>*

8. *Сайт компании ANSYS. Int. – <http://www.ansys.com/>*

6.2.2. Профессиональные базы данных

<http://lemix-samara.ru/liquid.html>

<http://gostrf.com/normadata/>

<http://www.gazprom.ru/fzposts/>

<https://dx.doi.org/>

7. Описание материально-технической базы

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 3

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	14	Оперативное управление	314
2	Экспериментально-исследовательский модуль	1	Собственность	179

8. Фонд оценочных средств

Текущий контроль

Текущий контроль проводится в виде собеседования или (и) дискуссии с научным руководителем.

Промежуточная аттестация

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного выступления с научным докладом на семинаре. Аспирант должен представить не менее одного научного доклада и не менее двух кратких выступлений (выступление на заданную тему, рецензирование, оппонирование, изложение точки зрения).

8.2. Шкалы оценивания результатов обучения:

Оценка результатов обучения по дисциплине «Научные проблемы энергетического машиностроения» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 4

Таблица 4

Шкала и критерии оценки результатов обучения на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с устным докладом на научном семинаре. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на научном семинаре или не подготовил доклад. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные знания . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированных когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки освоения дисциплины

10.1 Типовые творческие задания:

1. Структура системного подхода выбора оценки влияния негативных условий внешней среды на формирование научных исследований крупногабаритных энергоёмких агрегатов на примере магнетителей при транспортировке природного газа
2. Влияние субъективного фактора при организации, проведении исследований и оценки результатов
3. Структура энергетической безопасности работы газокompрессорных станций в районах крайнего севера
4. Формирование комплексного подхода оценки работы уплотнительных устройств и подшипников на магнитных опорах магнетителя
5. Формирование научного знания в условиях минимизации затрат при проведении научных исследований
6. Развитие малой альтернативной энергетики в определенных климатических зонах земной поверхности
7. Термодинамический цикл Стерлинга и структура построения энергетических устройств применительно к альтернативным способам преобразования энергии

8. Особенности формирования комбинированных энергопреобразователей применительно газокompрессорным станциям
9. Перспективные направления использования композиционных материалов для энергетических устройств.
10. Структурный анализ влияния гидро-газодинамических процессов в проточных каналах энергетических машин на их работоспособность и ресурс.
11. Экологические и техногенные проблемы современных энергетических систем и методы их решения.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		