

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»

## Программа кандидатского экзамена

СК-РП-15.1-04-22

Факультет подготовки специалистов высшей квалификации



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе

А.А. Куркин

«20» апреля 2022 г

**Кафедра «Атомные и тепловые станции»**

### ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2.4.9

«ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.4. Энергетика и электротехника


Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

технические науки

Научная специальность

2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность»

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Программа предназначена для методического сопровождения процесса подготовки аспирантов (соискателей) к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре - приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951.
2. Паспорт научной специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность», разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры научных специальностей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118.
3. Учебный план НГТУ по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность».

РЕКОМЕНДОВАНА кафедрой «Атомные и тепловые станции» (АТС)

протокол № 6 от " 19 " апреля 2022г.

Заведующий кафедрой «АТС»

д.т.н, проф.  С.М. Дмитриев

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:


И.о. декана факультета подготовки специалистов высшей квалификации

 Трубочкина Е.Л. «20» апреля 2022 г

личная подпись


расшифровка подписи

дата

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения.....	4
2	Программа кандидатского экзамена по специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность» .....	4
3	Дополнительная программа .....	9
	Приложение. Пример оформления дополнительной программы .....	10

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

## 1 Общие положения

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине состоит из двух частей:

1) основная программа по специальности, разработанной в соответствии с паспортом научной специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность»;

2) дополнительной программы, разрабатываемой аспирантом (соискателем).

Экзаменационные билеты должны включать 2-3 вопроса из основной программы и 1-2 вопроса из дополнительной программы.

## 2 Программа кандидатского экзамена по специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность»


Программа составлена в соответствии с паспортом специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность», с опорой на дисциплины, связанные с особенностями анализа нейтронно-физических, химических процессов и теплофизики реакторов, синтезом ядерных энергетических установок и основами их безопасной эксплуатации, основами проектирования машин и механизмов, методами оптимального синтеза корпусных конструкций, машин, и агрегатов; математическим моделированием и исследованием кинематики, динамики и прочности объектов ядерной техники с целью оптимизации их характеристик.

### 2.1 Моделирование нейтронно-физических, химических, тепловых, гидравлических и механических процессов, создание программных комплексов, обеспечивающих достоверное расчетное обоснование объектов ядерной техники и их безопасное функционирование

Основы ядерной и нейтронной физики. Состав и характеристики ядер. Закон и характеристики радиоактивного распада. Ядерные реакции и их особенности.

Источники ионизирующих излучений в ядерных энергетических установках. Система теплоносителя как источник излучений. Закономерности ослабления ионизирующих излучений в веществе. Радиационное повреждение реакторных материалов.

Тепловые и гидравлические процессы в ядерных энергетических установках. Особенности контура отвода тепла. Теплогидравлический расчет активных зон, охлаждаемых однофазным, двухфазным водным, жидкометаллическим, газовым теплоносителем. Кризис теплообмена. Запасы до кризиса. Максимальные температуры

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

оболочки и топлива. Нестационарные процессы в переходных и аварийных режимах. Термогидравлика основных проектных аварий.

Программные комплексы для нейтронно-физических расчетов, проектных и эксплуатационных расчетов динамики и безопасности, радиационной защиты, расчетного обоснования прочности, моделирования тяжелых аварий и их последствий.

Использование программных кодов для анализа теплофизических процессов, работы оборудования и состояния материалов.


Основные сведения из теории подобия и размерности. Подобие явлений теплопередачи. Необходимые условия подобия. Теорема подобия. Основной принцип теории размерности. Вывод критериев подобия и их физический смысл.

## **2.2 Экспериментальные исследования в реакторных условиях и вне реакторов свойств и характеристик материалов, конструкций, оборудования и систем с целью выявления закономерностей их изменения в течение жизненного цикла объектов ядерной техники**

Основные типы и конструкции ядерных энергетических установок. Реакторы с водой под давлением и кипящие корпусные реакторы. Канальные графитовые и тяжеловодные реакторы. Реакторы-бридеры на быстрых нейтронах. Перспективные быстрые реакторы с натриевым, свинцовым (или другим высококипящим) теплоносителем.

Конструкционные материалы АЭС с водо-водяными, быстрыми и уран-графитовыми реакторами, АЭС с газовым теплоносителем. Материалы корпусов реакторов (экспериментальных и АЭС). Влияние облучения, термоциклирования и старения на сопротивление хрупкому разрушению. Критическая температура перехода в хрупкое состояние. Материалы активной зоны: корзины, шахты, тепловыделяющих сборок (ТВС) и тепловыделяющих элементов. Материалы для дистанционирующих решеток ТВС. Особенности работы материалов в одно- и многоконтурной схеме. Материалы контура многократной принудительной циркуляции и трубопроводов. Материалы циркуляционных насосов и арматуры. Использование циркониевых сплавов в контуре, сталей, сплавов и графита в кладке реактора. Специфика воздействия жидкометаллического теплоносителя (натрия, свинца и др.) на структуру и свойства металлов: массоперенос, обезуглероживание, самосвариваемость и др. Ползучесть, длительная статическая и циклическая прочность. Технология теплоносителей. Испытания натурального оборудования и модельных образцов.

Программные комплексы для нейтронно-физических расчетов, проектных и эксплуатационных расчетов динамики и безопасности, радиационной защиты, расчетного обоснования прочности, моделирования тяжелых аварий и их последствий.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Программные комплексы для нейтронно-физических расчетов, проектных и эксплуатационных расчетов динамики и безопасности, радиационной защиты, расчетного обоснования прочности, моделирования тяжелых аварий и их последствий.

Ядерное топливо. Конструкционные материалы ТВЭЛов и ТВС. Основные требования, характеристики.

### **2.3 Разработка методов расчета технологических процессов в объектах ядерной техники с целью оптимизации их характеристик, повышения надежности оборудования и систем**

Расчетные компьютерные программы, верификация компьютерных программ. Компьютеризация расчетных и экспериментальных работ. Компьютеризация конструкторских работ, трехмерное проектирование. Программы обеспечения безопасности. Вероятностный анализ безопасности.

Организация и контроль эксплуатации. Установление и корректировка пределов и условий безопасной эксплуатации. Регламентация эксплуатации. Техническое обслуживание и ремонт. Регламентация действий при авариях и в аварийных ситуациях. Показатели работы АЭС. Система ведомственного контроля за эксплуатацией. Федеральный надзор за безопасностью.


Методы эксплуатационной и оперативной диагностики за состоянием металла и оборудования, трубопроводов АЭС. Периодичность эксплуатационного контроля. Системы оперативной диагностики.

### **2.4 Разработка методов управления сроком службы объектов ядерной техники**

Экономические аспекты использования ядерной энергии. Составляющие издержек производства электроэнергии на АЭС. Снятие АЭС с эксплуатации. Экономические последствия тяжелых аварий. Социальные аспекты развития ядерной энергетики.

Организация и контроль эксплуатации. Установление и корректировка пределов и условий безопасной эксплуатации. Регламентация эксплуатации. Техническое обслуживание и ремонт. Регламентация действий при авариях и в аварийных ситуациях. Показатели работы АЭС. Система ведомственного контроля за эксплуатацией. Федеральный надзор за безопасностью.

Методы эксплуатационной и оперативной диагностики за состоянием металла и оборудования, трубопроводов АЭС. Периодичность эксплуатационного контроля. Системы оперативной диагностики.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

Жизненный цикл ядерной энергетической установки и принципы управления сроком службы. Продление срока службы. Вывод из эксплуатации.

Обеспечение и повышение безопасности при продлении эксплуатации. Повреждающие факторы. Технологическая последовательность операций.

Радиоактивные материалы при снятии с эксплуатации ядерных энергетических установок. Транспортировка и хранение топлива. Удаление радиоактивных отходов высокой и средней активности. Дезактивация оборудования. Реабилитация территорий, загрязненных радионуклидами.

Особенности снятия с эксплуатации судовых ядерных энергетических установок.

## 2.5 Разработка методов обоснования безопасности и экологической приемлемости технологий и объектов ядерной техники

Проблема нераспространения ядерных материалов. МАГАТЭ и системы международных гарантий. Технические проблемы нераспространения ядерных материалов.

Тренажеры для персонала АЭС. Технологические основы разработки. Полномасштабные и аналитические тренажеры.

Дезактивация технологического оборудования, зданий и сооружений. Основные методы и организация дезактивации.

Обращение с радиоактивными отходами на АЭС. Переработка радиоактивных вод. Отверждение жидких радиоактивных отходов. Переработка твердых радиоактивных отходов. Обращение с газообразными радиоактивными отходами. Системы газоочистки при запроектных авариях.

## 2.6 Список литературы


1. Дмитриев С.М., Хробостов А.Е. Краткий курс тепломассообмена: учеб. Пособие / С.М. Дмитриев, А.Е. Хробостов; НГТУ. – 2-е изд., испр. – Н. Новгород, 2012. – 144 с.

2. Дмитриев С.М. и др. Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах. Учебник. – М.: Машиностроение, 2013. – 415 с.

3. Безносков А.В., Бокова Т.А. Оборудование энергетических контуров с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями в атомной энергетике. Учебное пособие. – НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Нижний Новгород, 2012. - 536 с.

4. Кудинов В.А. Техническая термодинамика : учеб. пособие для студентов вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов .— Изд. 4-е, стер. — Москва : Высшая школа, 2005 .— 261 с. : ил.

5. Маргулова, Т.Х. Атомные электрические станции : учеб. для вузов по специальности "Атом. электростанции и установки", "Пр-во и монтаж оборуд АЭС",

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

"Автоматизация теплоэнерг. процессов" / Т. Х. Маргулова .— 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 1984 .— 304с. : ил.

6. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.]. Т. 1. Физика атомного ядра / К. Н. Мухин .— Изд. 7-е, стер. — Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2009.— 384 с.

7. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.]. Т. 2. Физика ядерных реакций / К. Н. Мухин .— Изд. 7-е, стер. — Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2009.— 336 с.

8. Кириллов П.Л. и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике в 3-х томах. Т. 1; под общ. ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАт, 2010. – 776 с.

9. Кириллов П.Л. и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике в 3-х томах. Т. 2; под общ. ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАт, 2013. – 688 с.

10. Кириллов П.Л. и др. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике в 3-х томах. Т. 3; под общ. ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАт, 2014. – 688 с.

11. Бобков В.П. и др. Справочник по свойствам материалов для перспективных реакторных технологий. Том 3. Свойства поглотителей нейтронов. Книга 1. Поглощающие материалы на основе бора и его соединений; под общ. ред. В.М. Поплавского. – М.: ИздАТ, 2013. – 632 с.

12. Савандер В.И. Физическая теория ядерных реакторов: учебное пособие для вузов. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2013.

13. Апсэ В.А., Шмелев А.Н., Куликов Е.Г., Куликов Г.Г. Ядерные технологии. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2013.

14. Апсэ В.А., Ксенофонов А.И., Савандер В.И., Тихомиров Г.В., Шмелев А.Н. Физико-технические основы современной ядерной энергетике. Перспективы и экологические аспекты. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2014.


15. Кузьмин А.М., Шмелев А.Н., Апсэ В.А. Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах: учебное пособие для вузов. – Москва: МЭИ, 2015.

16. Бушуев А.В., Алеева Т.Б. Методы и приборы измерений ядерных материалов: учебное пособие для вузов. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2011.

17. Базаров, Иван Павлович. Термодинамика : учебник / И. П. Базаров .— Изд. 5-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010 .— 384 с. : ил.

18. Баскаков, Альберт Павлович. Техническая термодинамика : учебное пособие / А. П. Баскаков, Е. Ю. Павлюк ; науч. ред. В. А. Мунц .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2010 .— 128 с. : ил., табл.



	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

19. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / А.И. Бельтюков, А.И. Карпенко, С.А. Полуяктов, О.Л. Ташлыков, Г.П. Титов, А.М. Тучков, С.Е. Щеклеин; под общ. Ред. С.Е. Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург : УрФУ, 2013.

20. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2 / А.И. Бельтюков, А.И. Карпенко, С.А. Полуяктов, О.Л. Ташлыков, Г.П. Титов, А.М. Тучков, С.Е. Щеклеин; под общ. Ред. С.Е. Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург : УрФУ, 2013.


21. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила СанПиН 2.6.1.2523-09. М: Минздрав России, 2009. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/56/56325/>

22. НП-001-2015. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Общие положения обеспечения безопасности атомных станций". – М.: ФБУ НТЦ ЯРБ, 2016. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293756/4293756900.htm>

23. Основные санитарные нормы обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ99/2010 (санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. М: Минздрав России, 2010. Режим доступа <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293816/4293816468.htm>

### 3 Дополнительная программа

Дополнительная программа, самостоятельно составляемая аспирантом (соискателем), включает в себя титульный лист, не менее 15 вопросов по теме диссертации и не менее 15 источников литературы. Дополнительная программа должна быть подписана научным руководителем и согласована с деканом факультета подготовки специалистов высшей квалификации. Пример оформления дополнительной программы приведен в Приложении.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Пример оформления дополнительной программы

Минобрнауки России

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА**

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФСВК

\_\_\_\_\_ Р.Ш. Бедретдинов


«\_\_» \_\_\_\_\_

**Дополнительная программа**

**к кандидатскому экзамену**


по специальности 2.4.9. «Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность»

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации


### Дополнительная программа экзамена по специальности

1. Классификация пульсаций температуры в элементах оборудования ЯЭУ.
2. Влияние температурных пульсаций на ресурс энергетического оборудования ЯЭУ.
3. Термопульсации при смешении неизотермических потоков теплоносителя в тройниковом соединении.
4. Конструкционные материалы для теплообменного оборудования ЯЭУ.
5. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкционных элементов ЯЭУ.
6. Оценка усталостной долговечности конструкционных материалов ЯЭУ при случайных термоциклических нагрузках.
7. Математические модели процесса накопления усталостных повреждений в материале при термопульсациях.
8. Численное моделирование процессов тепломассопереноса.
9. Продление срока службы энергетического оборудования с учетом обеспечения его надежности.
10. Определение характеристик температурных пульсаций.
11. Трехмерное моделирование процесса нестационарного турбулентного смешения неизотермических потоков.
12. Способы контроля накопленной поврежденности материалов оборудования ЯЭУ.
13. Особенности гидродинамики при смешении неизотермических потоков в тройниковом соединении.
14. Водно-химические режимы ЯЭУ.
15. Методология оценки накопленных повреждений акустическим методом в сталях аустенитного класса.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
<b>СК-РП-15.1-04-22</b>	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

## Список литературы

1. Судаков А.В. Пульсации температур и долговечность элементов энергооборудования. / А.В. Судаков, А.С. Трофимов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд., 1989. – 176 с.
2. Судаков А.В. Напряжения при пульсациях температур. / А.В. Судаков, А.С. Трофимов. – М.: Атомиздат, 1980. – 64 с.
3. Резников М. И. Парогенераторные установки электростанций, – М.: Энергия, 1968. – 360 с.
4. Москаленко В. Н., Харионовский В. В. Прочность элементов теплообменных устройств в условиях случайных пульсаций температур. -М.: Атомиздат, 1979. 168 с.
5. Будов В.М. Форсированные теплообменники ЯЭУ. / В.М. Будов, С.М. Дмитриев. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 174 с
6. Судаков А. В. Парогенераторы и теплообменное оборудование АЭС: Учебное пособие / А. В. Судаков, Б. С. Фокин. СПб.: НПО ЦКТИ, 2005. – 254 с.
7. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86)/ Госатомэнергонадзор СССР. – М.: Энергоатомиздат. 1989. – 525 с.
8. Митенков Ф.М. Методы обоснования ресурса оборудования ЯЭУ. / Митенков Ф.М и др. – М.: Машиностроение. 2008.–445 с.
9. Митенков Ф.М. Методология, методы и средства управления ресурсом ядерных энергетических установок. / Митенков Ф.М. и др. – М.: Машиностроение, 2006.
10. Углов А.Л. Акустический контроль оборудования при изготовлении и эксплуатации. / Углов А.Л и др. – М.: Наука. 2009. – 280 с.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	<b>Программа кандидатского экзамена</b>
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

11. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений / Снегирёв А.Ю. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 143 с.
12. Харламов С.Н. Алгоритмы при моделировании гидродинамических процессов / С.Н. Харламов. – Томск: ТПУ, 2008. – 80 с.
13. Андрушечко С. А. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С. А. Андрушечко, А. М. Афров, Б. Ю. Васильев, В. Н. Генералов, К. Б. Косоуров, Ю. М. Семченков, В. Ф. Украинцев. — М.: Логос, 2010. — 604 с
14. Козелков, А.С. Математические модели и алгоритмы для имитационного моделирования задач гидродинамики и аэродинамики: уч. пособие / А.С. Козелков и др. НГТУ. – Нижний Новгород, 2014. – 164 с.
15. Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных. — М.: «Бином Пресс», 2010. – 528 с.

Научный руководитель  
 д.т.н., профессор

С.М. Дмитриев