УТВЕРЖДАЮ

Директор ФТИ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Долматов О. Ю.

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФИЗИЧЕСКАЯ И ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Направление (специальность) ООП 14.03.02 – Ядерные физика и технологии

Профиль(и) подготовки (специализация, программа) – Ядерные реакторы и энергетические установки

Квалификация (степень) бакалавр

Базовый учебный план приема 2015 г.

Курс \_\_3\_\_ семестр \_5\_

Количество кредитов \_3\_

Код дисциплины Б1.ВМ5.2.1

|  |  |
| --- | --- |
| Виды учебной деятельности | Временной ресурс по очной форме обучения |
| Лекции, час | 16 |
| Практические занятия, час | 16 |
| Лабораторные занятия, час | 16 |
| Аудиторные занятия, час | 48 |
| Самостоятельная работа, час | 60 |
| ИТОГО, час | 108 |

Вид промежуточной аттестации – экзамен в 5 семестре

Обеспечивающее подразделение – кафедра ФЭУ ФТИ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Долматов О. Ю.

Руководитель ООП \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Долматов О. Ю.

Преподаватель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Беденко С. В.

2015 год

1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины – формирование у обучающихся знаний о физической защите, ядерной и радиационной безопасности в урановом производстве; мерах и методах защиты, используемых на различных стадиях топливного цикла.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физическая и ядерная безопасность» относится к профессиональному циклу основной образовательной программы по направлению 140800 Ядерные физика и технологии.

Курс «Физическая и ядерная безопасность» включает общие сведения из ядерной физики, рассматриваются назначение и цель системы физической защиты в производстве, физической, ядерной и радиационной безопасности на стадиях топливного цикла.

Дисциплине «Физическая и ядерная безопасность» предшествует освоение дисциплин ПРЕРЕКВИЗИТЫ: Б2.Б5.1, Б2.В1, Б2.В2, Б3.Б8.

Содержание разделов дисциплины согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно КОРЕКВИЗИТЫ: Б3.В.4.1, Б3.В.4.2, Б3.В.4.3, Б3.В.4.5.

3. Результаты освоения дисциплины

Врезультате освоения дисциплины «Физическая и ядерная безопасность» студент должен/будет:

*Знать:*

* основные положения физической и ядерной безопасности в урановом производстве;
* назначение и цель системы физической защиты;
* методы и приборы, используемые для обеспечения физической, ядерной и радиационной безопасности.

*Уметь:*

* владеть культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);
* логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь (ОК-2);
* использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-5);
* использовать полученные знания в практической деятельности;
* работать с ядерно-физической аппаратурой основанной на радиационном излучении ядерных материалов.

*владеть):*

* основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-10);
* приборами радиационного (радиационные порталы) контроля, контролирующие перемещение ядерных материалов по стадиям производства ядерного топлива, а так же внутри отдельной технологической линии.
* верифицированными расчетными кодами (Scale, MCU) для оценки ядерной безопасности и расчета ядерно-физических параметров технических систем с ядерными материалами.

Таблица 1

**Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
| Результатыобучения(компетенции из ФГОС) | Составляющие результатов обучения |
| Код | Знания | Код | Умения | Код | Владениеопытом |
| Р1 | З.1.1 | Основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации. | У.1.1.У.1.2. | Самообучаться, повышать свою квалификацию и мастерство.Работать с информацией в глобальных компьютерных сетях. | В.1.1.В.1.2. | Обобщения, анализа, восприятия информации, постановки цели и выбора путей ее достижения.Работы с компьютером как средством управления информацией |
| Р7 | З.7.1. | Основных законов естественнонаучных дисциплин | У.7.1. | Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности | В.7.1. | Математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. |
| Р10 | З.10.1 | Способов монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей | У.10.1. | Осваивать технологические процессы в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем | В.10.1В.10.2 | Эксплуатации современного физического оборудования и приборов.Наладки, настройки, регулирования и опытной проверки оборудования и программных средств. |

В результате освоения дисциплины «Физическая и ядерная безопасность» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

**Планируемые результаты освоения дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
| № п/п | Результат |
| Р1 | Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях. |
| Р7 | Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. |
| Р10 | Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей. |

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина содержит 5 разделов:

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ в физическую защиту и безопасность на производстве.

Основные определения, терминология. Значение курса и его содержание.

Раздел 2. Ядерная и радиационная безопасность в производстве.

Основные положения ядерной физики. Ядерно-физические процессы и явления. Ядерная и радиационная безопасность в производстве. Нормы радиационной безопасности.

Раздел 3. Роль и назначение систем учета, контроля и физической защиты.

Стадия ядерного топливного цикла. Открытый и закрытый ЯТЦ. Роль и назначение систем учета и контроля, физической защиты в системе мер безопасности и нераспространения. Положение об общих требованиях к системам физической защиты ядерно-опасных объектов Минатома России.

Лабораторная работа 1. Гамма-спектрометрические методы контроля уровней излучения в системах содержащих ЯМ.

Раздел 4. Физическая и ядерная безопасность в ЯТЦ.

Основные положения физической и ядерной безопасности в урановом производстве. Нормативная база в области физической защиты. Назначение и цель системы физической защиты. Методы и приборы, используемые для обеспечения физической, ядерной и радиационной безопасности.

Лабораторная работа 2. Контроль ядерных материалов по собственному нейтронному излучению.

Раздел 5. Основы нейтронно-физических расчетов.

Особенности использования расчетных кодов программ MCU и Scale в рамках курса «Физическая и ядерная безопасность». Расчетные оценки ядерной безопасности и расчет ядерно-физических параметров ядерно-опасных объектов.

5. Организация и учебно-методическое обеспечение

самостоятельной работы студентов

**5.1. Виды и формы самостоятельной работы**

 Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

* работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
* выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
* изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
* подготовка к практическим и семинарским занятиям;
* подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

* поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
* анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
* анализ статистических и фактических материалов по заданной теме.
* выполнение расчетно-графических работ.

**5.2. Содержание самостоятельной работы студентов по модулю** **(дисциплине)**

 Программа самостоятельной познавательной деятельности включает следующие разделы:

Самостоятельное изучение теоретического материала. Внеаудиторная работа студентов состоит в проработке лекционного материала. Подготовка к лабораторным работам. Часть теоретического материала предлагается студентам для самостоятельного более углубленного изучения с предоставлением отчета. Общее время самостоятельной работы по разделу составляет 60 часов.

Темы, выносимые на самостоятельную работу

1. Ядерный топливный цикл нового поколения.
2. Уран-ториевое производство и перспективное керамическое ядерное топливо.
3. Физическая защита в уран-ториевом производстве.
4. Физическая, ядерная и радиационная безопасность в уран-ториевом производстве.
5. Особенности использования верифицированных кодов программ MCU и Scale при расчете ядерной безопасности.
6. Задача о точности расчета нуклидного состава топлива. Радиационная безопасность.

Темы рефератов

1. Современное состояние системы государственного УиК, и системы ФЗ на предприятиях ЯТЦ РФ.
2. Система физической защиты на предприятиях ядерного топливного цикла.
3. Основные принципы и структура системы физической защиты ядерных материалов.
4. Гамма- и масс- спектрометрия, приборы и методы в основе которых лежат методы нейтронных и гамма-измерений.
5. Специальное обращение с ядерными материалами. Ядерная безопасность.
6. Анализ стадий ядерного топливного цикла с точки зрения ядерной безопасности.
7. Нуклидный состав топлива и радиационная безопасность при обращении с ядерными делящимися материалами.
8. Международный контроль за ядерными материалам и технологиями.
9. Элементы физической защиты на предприятиях ядерного топливного цикла.
10. Система обеспечения сохранности ядерными материалами, ее подсистемы и элементы.
11. Уголовная ответственность за нарушение правил обращения с ядерными материалами.
12. Защищенность и сохранность ядерных материалов в производстве. Дозиметрическая служба и служба ядерной безопасности.
13. Нейтронно-физические и химические свойства урана и его соединений (оксиды, карбиды, нитриды, фториды).
14. Задача о точности расчета младших актиноидов, образующихся в облученном топливе.
15. Радиационная безопасность на различных стадиях ядерного топливного цикла.
16. Автоматизация учёта и контроля ядерными материалами.
17. Уголовная ответственность за нарушение правил обращения с ядерными материалами.
18. Устройства индикации вмешательства и их особая роль в УиК за ЯМ.

**5.3. Контроль самостоятельной работы**

Оценка самостоятельной работы организуется в виде промежуточного контроля два раза в семестр. В контрольные работы входят теоретические вопросы, разобранные на лекционных занятиях, практических и лабораторных занятиях, а также вопросы, подлежащие самостоятельному изучению.

6. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

|  |  |
| --- | --- |
| **Контролирующие мероприятия** | **Результаты обучения по дисциплине** |
| Контрольные работы | РД1, РД7. |
| Индивидуальные задания | РД1, РД7. |
| Коллоквиум | РД1, РД7. |
| Написание и защита реферата | РД1, РД7. |
| Защита лаб. работ | РД1, РД7, РД10. |
| Экзамен | РД1, РД7, РД10. |

 Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

вопросы входного контроля;

задачи для контрольных работ и индивидуальных заданий;

контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий (защита реферата);

вопросы промежуточного (коллоквиумы) и выходного контроля.

**6.1. Вопросы входного контроля**

1. Дифференциальное исчисление:

а) решение задач на определение экстремума,

б) дифференциальные уравнения и системы дифференциальных уравнений,

в) решение задач с использованием стандартных функций.

1. Интегральное исчисление:

а) решение задач интегрированием,

б) интегрирование по поверхности, по объёму.

1. Энергетика ядерных превращений.
2. Нуклид, нуклон, изотоп.
3. Масса и энергия связи ядра.
4. Радиоактивность, закон радиоактивного распада. Виды излучений.
5. Ядерная реакция. Ядерные взаимодействия.
6. Эффективный коэффициент размножение. Ядерная безопасность систем с ядерными материалами.
7. Чем отличается радиационная безопасность от ядерной безопасности?
8. Физические свойства уранового топлива.

6.2. Примеры задач для контрольных работ и индивидуальных заданий

1. В начальный момент времени *t* в размножающей системеимеется *n*(*t*0) нейтронов одного поколения. Записать уравнение описывающее скорость изменения числа нейтронов d*n*/d*t*, если среднее время жизни одного поколения нейтронов равно *l*.
2. В начальный момент времени в глубоко подкритичной размножающей системе было *νf* нейтронов. Записать закон изменения числа нейтронов *n*(*t*) в этой системе с течением времени *t*,если среднее время жизни одного поколения нейтронов равно *l*.
3. Записать закон изменения числа нейтронов (экспоненциальная его форма) в идеализированной надкритичной размножающей системе. Считать, что в начальный момент времени был один нейтрон.
4. Определить выход нейтронов (нейтр.∙с–1∙см–3) по каналу спонтанного деления и в результате протекания (α,n)-реакции для следующей топливной композиции – 239PuO2. Оценить вклад каждой компоненты в суммарный выход.
5. Определить массу 235U в гомогенной системе, в которой протекает стационарная цепная реакция деления. Поток нейтронов в этой системе равен 107нейтр.∙с–1∙см–2, а энерговыделение 3 кВт∙час. Утечкой нейтронов пренебречь.
6. Емкость, содержащая 235U, характеризуется **эффективным коэффициентом размножения равным 1,001. Оценить промежуток времени, за который разделится 1 кг** 235U **в этой системе, если средняя энергия нейтронов ≈1,6 МэВ. Сечение деления** =2 б. Считать, что в начальный момент времени был один нейтрон, поглощением и утечкой нейтронов пренебречь.
7. Сколько нейтронов будет в размножающей системе в 100-м поколении, если процесс деления начинается с 1000-го нейтрона и k∞=1,05.
8. В системе содержащей 235U протекает стационарная цепная реакция деления. Какое количество урана «выгорит» (с учетом радиационного захвата) и разделится, если энерговыделение равно 1 МВт∙сут.

**Вопросы текущего контроля**

1. Эффективный коэффициент размножение. Ядерная безопасность систем с ядерными материалами.
2. Дать определение критической массе. Записать критические массы делящихся веществ (металл): U-233, U-235, Pu-239.
3. Коэффициент размножения в системе содержащей ядерно-делящиеся вещества. Дать определение. Физический смысл.
4. Как связан коэффициент размножение в бесконечной среде с коэффициентом размножения в реальной технической системе.
5. Радиационная безопасность систем содержащих ОЯТ и нуклидный состав топлива.
6. Расчет нуклидного состава ядерного топлива и ядерная безопасность ОЯТ.
7. Радиационная безопасность ОЯТ и спектр излучения.
8. Необходимость учета спектрального состава излучения ОЯТ при оценке дозовый нагрузки на производстве.
9. Чем отличается радиационная безопасность от ядерной безопасности?
10. Ядерное топливо и ядерное горючее. Какие виды топлива вы знаете?
11. Первичное и вторичное ядерное топливо (горючее).
12. Делящиеся и воспроизводящие нуклиды. Дать определение.
13. Ядерные материалы. Делящиеся ядерные материалы. Записать цепочку ядерных превращений с образованием вторичного ядерного горючего в уран-плутоний-ториевом ЯТЦ.
14. Перечислить специальные ядерные и неядерные материалы подлежащие учету и контролю.

**Вопросы выходного контроля**

1. Физические свойства уранового топлива (UC, UN, UO2, эти же композиции, но только смешанные) – плотность, температуры плавления, аллотропические модификации.
2. Контроль ядерных материалов по собственному α-излучению. Дозиметрический контроль на производстве.
3. Контроль ядерных материалов по собственному нейтронному излучению.
4. Нейтронное излучение гомогенных сред, состоящих из металлических ЯМ. Без учета размножения нейтронов.
5. Нейтронное излучение гомогенных сред, состоящих из металлических ЯМ с учетом размножения.
6. Нейтронное излучение гомогенных сред, состоящих из металлических ЯМ. Подкритическая размножающая система.
7. Нейтронное излучение однородных сред ЯМ с гомогенно распределенными α-излучателями.
8. Нейтронное излучение однородных сред с гомогенно распределенными источниками нейтронов и α-излучателей (двухкомпонентная среда). Без учёта размножения.
9. Нейтронное излучение однородных сред с гомогенно распределенными источниками нейтронов и α-излучателей (двухкомпонентная среда). Подкритическая размножающая система.
10. Нейтронное излучение двухкомпонентных сред. Оценка *K*эфф и связанных с *K*эфф функционалов.
11. Система физической защиты, система учета и контроля за ЯМ.
12. Технические средства обнаружения несанкционированных действий, физические барьеры, поведение персонала (сил охраны), направленные на пресечение несанкционированных действий.
13. Системой учета и контроля (СУиК) и системой физической защиты (СФЗ) на производстве.
14. Технические средства, процедуры, регламенты обращения с ядерными материалами и другие меры безопасности СУиК и СФЗ.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

* текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
* промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**Основная литература:**

1. Шаманин И.В., Беденко С.В. Ядерная безопасность при хранении облученного керамического ядерного топлива. Томск: 2013. – 210 с.
2. В. И. Бойко, Д. Г. Демянюк, Д. С. Ядерный топливный цикл и режим нераспространения: учебное пособие для вузов / Томск: Изд-во ТПУ, 2009. 104 с.
3. Шмелев А.Н., Куликов Г.Г., Апсэ В.А. Физические факторы и свойства ядерных материалов, влияющие на их защищенность. М.: МИФИ, 2011.
4. Беденко С.В., Шаманин И.В. Основы учета и контроля делящихся материалов в производстве: учебное пособие. – ТПУ: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 91 с.
5. Б.П. Степанов, А.В. Годовых. Основы проектирования систем физической защиты ядерных: учебное пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет: Изд-во ТПУ, 2009. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m132.pdf>.
6. М.Е. Силаев; Ю.Б. Чертков. Методы измерения ядерных материалов. Методические указания к выполнению лабораторных работ. ТПУ – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m243.pdf>.

**Дополнительная литература:**

1.Шаманин И.В., Нестеров В.Н. Реакторная установка в традиционных и перспективных ядерных топливных циклах. Томск: 2012. – 104 с.

2. Шаманин И.В., Беденко С.В., Нестеров В.Н. Проблемы обращения с отработанным ядерным топливом, перспективы развития ядерной энергетики в РФ и Мире: учебное пособие / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра физико-энергетических установок (№ 21) (ФЭУ), Кафедра технической физики (№23) (ТФ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2013/m06.pdf>>.

3. Беденко С.В., Данейкин Ю.В., Нестеров В.Н. «Введение в ядерную физику». Эл. учебник. – Томск: ТПУ, 2010. – 175 с. (Режим доступа: свободный доступ из сети интернет – <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2010/m2/main.html>).

4. Ядерное нераспространение: Учебное пособие / Пшакин Г.М., Гераскин Н.И., Мурогов В.М., Коровин Ю.А., Соснин В.Н., Шмелев А.Н., Савандер В.И., Апсэ В.А., Глебов В.Б. / 2-е изд., испр. и доп. М.: МИФИ, 2006.

5. Бойко В.И., Кошелев Ф.П., Демянюк Д.Г., Шаманин И.В. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения. Учебное пособие. ТПУ, Томск, 2005.

**Программное обеспечение и *Internet -*ресурсы:**

1. Применение вычислительных систем в курсовом проектировании. Учебное пособие ч.1, 2. НИ ТПУ, каф. ФЭУ, 2010 год.
2. Программный комплекс MCU5TPU. Нейтронно-физический расчет активных зон реакторных установок в 3D-геометрии с учетом изменения изотопного состава топлива.
3. Пакет прикладных программ Origen-Arp (Scale5.5). Расчет нуклидного состава ядерного топлива, радиационной и ядерной безопасности технических систем и ядерно-опасных объектов.
4. [http://nuclphys.sinp.msu.ru](http://nuclphys.sinp.msu.ru/).
5. [http://cdfe.sinp.msu.ru](http://cdfe.sinp.msu.ru/).
6. EXFOR: Experimental Nuclear Reaction Data // <http://www.oecd-nea.org/dbdata/x4/>.
7. [www.atom.ru](http://www.atom.ru).
8. [www.nuclear.com](http://www.nuclear.com).
9. [www.lib.tpu.ru](http://www.lib.tpu.ru).
10. [http://www.nndc.bnl.gov](http://www.nndc.bnl.gov/).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При проведении лекций используются компьютеры, мультимедиа проигрыватели, корпоративная компьютерная сеть и ИНТЕРНЕТ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№****п/п** | **Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)** | **Корпус, ауд., количество установок** |
| 1 | Ноутбук VOYAGER H590L (Ноутбук ASUS) | Корпус 10;ауд. 431, 248 (1 шт.) |
| 2 | Мультимедийный проектор TOSHIBA TDR-T95 (Мультимедийный проектор CANON LW-5500) | Корпус 10;ауд. 313 (1 шт.) |
| 3 | Программа MCU-5TPU | Корпус 10; ауд. 312 (1 шт.) |
| 4 | Счетно-пусковая установка СПУ-1М | Корпус 10;ауд. 248 (1 шт.) |
| 5 | Pu-Be–источник | Корпус 10;ауд. 248б (1 шт.) |
| 6 | Счетчик нейтронов СНМ-11,12 | Корпус 10;ауд. 248б (2 шт.) |
| 7 | Универсальный частотомер АСН-1300. | Корпус 10;ауд. 248б (2 шт.) |
| 8 | Cчетчик бета-частиц СБТ-13 | Корпус 10;ауд. 248б (2шт.) |

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 140302 Ядерная физика и технологии и профилю подготовки Ядерные реакторы и энергетические установки.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физико-энергетических установок» (протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_» 201\_\_\_ г.).

Программа одобрена на заседании кафедры (протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_ 2015 г.).

Автор(ы):

Ст. преподаватель каф ФЭУ, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Селиваникова О. В.

Доцент каф. ФЭУ, к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Беденко С. В.

Рецензент(ы):