

Учреждение высшего образования
«Международный государственный экологический университет имени
А.Д.Сахарова»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
МГЭУ имени А.Д.Сахарова
О.И.Родькин
24 июля 2013

Регистрационный № УД-334-13/р.

ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ И АТОМНЫЕ СТАНЦИИ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности:

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

Факультет мониторинга окружающей среды

Кафедра ядерной и радиационной безопасности

Курс (курсы) 4

Семестр (семестры) 7,8

Лекции, часов – 86

Экзамен, семестр 7,8

Практические (семинарские)
занятия, часов – 66

Зачет, (семестр)

Лабораторные
занятия, часов – не предусмотрены

Курсовой проект – не предусмотрен

Аудиторных часов по
учебной дисциплине – 152

Всего часов по
учебной дисциплине – 296

Форма получения
высшего образования – очная

Составили: Н.М.Груша, кандидат технических наук, доцент;
Н.В.Ермоленко, преподаватель


2013 г.

Учебная программа составлена на основе базовой программы «Ядерные реакторы и атомные станции» (регистрационный № УД-3//-13/баз. от 18 июня 2013) и типового учебного плана специальности 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность очной формы обучения (регистрационный № P100-001 /тип от 01.06.2008).

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой ядерной и радиационной безопасности учреждения высшего образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»

23.05.2013 №11
(дата, номер протокола)


Заведующий кафедрой

 А.И.Тимошенко

Одобрена и рекомендована к утверждению Советом факультета мониторинга окружающей среды учреждения высшего образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова»

24 июня 2013 №11
(дата, номер протокола)

Председатель

 Н.В.Пушкарёв

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Ядерные реакторы и атомные станции» занимает ведущее место в учебном плане специальности 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность. Она суммирует знания по дисциплинам, изученным ранее, таким как физика ядра и ионизирующего излучения, нейтронная физика, измерение характеристик ионизирующего излучения, радиохимия и радиационная химия. И ее целью является дать направление для дальнейшей специализации знаний будущего специалиста в области ядерной энергетики. В ней даются теоретические основы профессиональных знаний, необходимые будущим специалистам по ядерной и радиационной безопасности для изучения таких дисциплин, как «Ядерный топливный цикл и обращение с радиоактивными отходами», «Дозиметрия», «Защита от ионизирующего излучения», «Основы радиоэкологии», «Основы радиационной безопасности», «Основы радиационного мониторинга», «Метрология, стандартизация, сертификация», а также большинства дисциплин специализаций.

Традиционные подходы к изложению устройства и работы ядерных реакторов и атомных станций включают в себя общий анализ существующих в настоящее время ядерных реакторов и атомных станций и их физические основы работы. В противоположность этому методическому подходу, предполагается сделать обзор функционирующих реакторов, существующих в мире проектов и затем сосредоточится на том типе реактора, который будет работать в Беларуси. Это позволяет сосредоточить внимание студентов именно на конкретном направлении их будущей работы.

Особенностью содержания данной программы дисциплины «Ядерные реакторы и атомные станции» является и то, что в ней производится затрагивание или обзор всех вопросов, которые возникают от введения в эксплуатацию до выведения из эксплуатации станции или реактора. Для этого производится обзор таких вопросов как принципы обеспечения безопасности ядерных реакторов начиная с этапа планирования станции, заканчивая ее снятием с эксплуатации.

В данной программе лишь затрагиваются основы физики ядерных реакторов, которые предполагается дать более подробно в других дисциплинах специальности и специализаций. Роль данного раздела в дисциплине состоит в том, чтобы у студентов были минимально необходимые знания для понимания будущей специальности.

Перед преподающими дисциплину ставятся следующие задачи:

- Изложить основные принципы конструкции реакторов и дать представление студентам о том, какие типы реакторов и атомных станций существуют в мире или будут существовать в будущем, а также чуть подробнее остановиться на наиболее широко распространенных реакторах;

- Познакомить студентов с основными процессами, протекающими в реакторе, которые и влияют на управляемость реактора, а также показать принцип управления;
- Подробно изучить АЭС с реактором ВВЭР под давлением;
- Разобрать основные принципы обеспечения безопасности ядерных реакторов от конструирования станции до восстановительных работ после снятия с эксплуатации;
- Разобраться со студентом в назначении и функционировании различных служб станции для формирования у студента четкого понимания того, где он сможет применять свои знания;
- Способствовать развитию научного мировоззрения;
- Подготовить студентов к изучению других специальных дисциплин.

Из множества эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:

- технологии проблемно-модульного обучения;
- технологии научно-исследовательской деятельности;
- проектные технологии;
- проблемно-ориентированный междисциплинарный подход;
- интенсивное обучение;
- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

Для формирования современных социально-профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

В результате усвоения дисциплины студент должен:

знать:

- основные типы ядерных реакторов;
- основные особенности кинетики реакторов различных типов;
- основные режимы работы реакторов;
- методы определения сечений основных процессов и анализа нуклидного состава в ядерном реакторе;
- назначение, устройство и работу органов управления и контроля ядерного реактора;
- назначение, принцип работы основных элементов и узлов атомной станции;
- режимы работы атомных станций;

- порядок проведения ремонтных и регламентных работ на атомных станциях;
- основные элементы водного режима атомных станций;
- принципиальные подходы к обеспечению безопасности атомных станций при проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию, в процессе эксплуатации и при выводе из эксплуатации;

уметь:

- производить типовые расчеты коэффициента размножения нейтронов и реактивности реакторов на тепловых нейтронах;
- производить анализ нуклидного состава активной зоны;
- определять реактивность при различных режимах работы реактора;
- давать количественную оценку выбросов радиоактивных веществ при различных режимах работы реактора;
- производить оптимальный выбор ядерной установки для решения поставленной задачи;
- составлять программы обеспечения ядерной и радиационной безопасности на ядерных объектах.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу следует использовать информационные технологии: разместить в свободном доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к семинарским занятиям, список рекомендуемой литературы, задания для самоконтроля, электронные пособия и учебники и др.).

Учебная программа нового поколения по учебной дисциплине «Ядерные реакторы и атомные станции» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой степени по специальности 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность. Программа рассчитана на 296 часов из них 152 аудиторных часа, в том числе на лекции отводится 86 часа и на практические занятия – 66 часов. Распределение по семестрам следующее: в 7-м семестре всего 140 часов из них 72 аудиторных часа, в том числе на лекции отводится 54 часа и на практические занятия - 18 часов; в 8-м семестре всего 156 часов, в том числе на лекции отводится 32 часа и на практические – 48 часов.

Контроль знаний предполагает подготовку и проведение тестовой работы на симуляторе и одного коллоквиума, сдачу двух экзаменов. На семинарских занятиях будет обращено внимание на формирование у студентов четкого понимания того, как применить получаемые знания в университете и на практике.

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Причины и история развития мировой атомной энергетики

Предмет атомной энергетики.

Причины и предпосылки развития мировой атомной энергетики. Первый в мире ядерный реактор и первая в мире атомная станция. Основные этапы развития атомной энергетики. Преимущества и недостатки атомной энергетики.

Тема 2. Основы реакторной физики

Основы нейтронной и ядерной физики с точки зрения использования этого в реакторной теории (типы взаимодействий нейтронов с ядрами. Эффективные микроскопические сечения взаимодействия нейтронов с ядрами и их зависимость от энергии нейтронов. Процесс деления ядер. Модели деления, механизм деления, продукты деления, распределение энергии деления. Запаздывающие нейтроны. Особенности деления на быстрых и медленных нейтронах. Флуктуации потока нейтронов. Макроскопические поперечные сечения взаимодействия нейтронов. Упругое и неупругое рассеяние.) Основы физики ядерного реактора (самоподдерживающийся цепной процесс деления и условия его протекания. Коэффициент размножения нейтронов в бесконечной гомогенной размножающей среде. Эффективный коэффициент размножения. Изменение энергии нейтронов при замедлении. Средний логарифмический декремент энергии, замедляющая способность, коэффициент замедления. Диффузия нейтронов. Плотность нейтронов и нейтронный поток. Уравнение диффузии или баланс нейтронов в размножающей системе. Важнейшие замедлители. Теплоносители. Критические размеры и критическая масса).

Тема 3. Конструкция ядерных реакторов, их классификация и основы управления ядерным реактором

Принципиальная схема ядерного реактора. Принцип работы. Основные элементы конструкции ядерного реактора. Требования к конструкции активной зоны и ее характеристики. Основные требования, предъявляемые к теплоносителям, замедлителям и конструкционным материалам. Компонентные и теплофизические характеристики различных типов ядерных энергетических установок. Тепловыделение в ядерном реакторе и организация теплоотвода.

Классификация ядерных реакторов по различным определяющим признакам.

Тепловая мощность реактора. Связь между мощностью и средним потоком нейтронов в реакторе. Коэффициенты неравномерности энерговыделения. Избыточный коэффициент размножения. Реактивность и период реактора.

Элементарное уравнение кинетики. Среднее время жизни поколения нейтронов в реакторе. Роль запаздывающих нейтронов в регулировании реактора. Мгновенная критичность.

Тема 4. Процессы, протекающие в ядерных реакторах

Теплопередача в ядерном реакторе. Температурные эффекты. Ядерный, плотностной и объемный температурные коэффициенты реактивности. Изменение изотопного состава топлива в реакторе. Кампания реактора, запас реактивности. Эффекты реактивности. Изменение реактивности в переходных режимах и аварийные процессы.

Выгорание и воспроизводство ядерного топлива. Коэффициент воспроизводства и время удвоения. Отравление и шлакование ядерного реактора. Глубина выгорания. «Йодная яма» - отравление ксеноном. Регулирование мощности реактора. Калибровка стержней регулирования. Эффективность управляющих стержней.

Тема 5. Режимы работы ядерных реакторов и атомных станций

Физический и эксплуатационный пуски реактора. Подъем мощности с нулевого до эксплуатационного уровня. Работа реактора на мощности. Остановка и расхолаживание реактора. Остаточное тепловыделение.

Оценка потенциальных выбросов радионуклидов в ходе реакторной кампании и в результате остановки реактора. Эксплуатация атомных станций. Переходные режимы на атомных станциях.

Тема 6. Основные типы ядерных реакторов современных АЭС

Преобразование ядерной энергии в электрическую. Принципиальная схема отвода тепла от реактора с организацией пароводяного цикла. Одноконтурные и двухконтурные установки. Тепловые схемы АЭС.

Типы и классификация исследовательских реакторов. Понятие критической и подкритической сборки, ее назначение. Ядерные установки прямого действия. Взрывные ядерные устройства.

Основные типы энергетических ядерных реакторов:

Водо-водяные реакторы под давлением. Кипящие водо-водяные реакторы. Особенности кинетики ядерных реакторов ВВЭР под давлением и кипящего типов при различных режимах работы. Тяжеловодный реактор CANDU. Канальные реакторы с графитовым замедлителем. Причины аварии на Чернобыльской АЭС. Магнокс-реакторы, газоохлаждаемые реакторы. Реакторы на быстрых нейтронах. Проекты реакторов 4 поколения.

Тема 7. Конструкция АЭС с реактором ВВЭР под давлением

Структура и основные элементы активной зоны реактора. Строение топливных элементов и управляющих стержней.

Детекторы активной зоны реактора. Распределение нейтронного потока в активной зоне.

Строение и функционирование первого контура реактора. Его вспомогательные системы.

Строение и функционирование второго контура реактора.

Трубопроводы и арматура на атомных станциях, водно-химические режимы, вентиляционные установки. Перегрузочная машина для ядерного топлива на атомной станции. Приводы органов управления реактором.

Генеральный план компоновки атомной станции. Системы безопасности и работа АЭС в целом.

Тема 8. Аварийные ситуации на АЭС

Обзор существовавших ядерных аварий, причины и выводы.

Тема 9. Принципы обеспечения безопасности ядерных реакторов

Принципы и критерии безопасности. Системы безопасности, барьеры безопасности, принцип защиты в глубину. Аварийные процессы в реакторе. Проектные и запроектные аварии. Понятие о системе контроля и управления на атомной станции.

Инженерные и организационные средства обеспечения безопасности ядерных реакторов.

Тема 10. Службы АЭС

Отдельные службы АЭС: дозиметрии, радиохимии, радиационной химии, управления отходами, мониторинга и т.д. Цели их работы и место на станции.

Тема 11. Ввод и снятие с эксплуатации АЭС

Методология выбора площадки под строительство АЭС и выбора проекта. Снятие с эксплуатации АЭС.

Тема 12. Лицензирование АЭС

Изучение вопроса лицензирования АЭС – этапы, причины и необходимость.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Примерный перечень тем практических/семинарских занятий

Тема 1. Нейтронный цикл в энергетических реакторах

Работа с простой программой по моделированию изменения потока нейтронов при изменении различных параметров.

Тема 2. Удержание реактора на заданной мощности

Работа с простой программой по управлению реактора для понимания понятий управление ядерным реактором и выгорание топлива.

Тема 3. Работа с простым симулятором работы ВВЭР под давлением

Изучение управления работы АЭС в целом.

Тема 4. Коллоквиум по конструкции основных типов реакторов

Представление основных типов реакторов: легководных (реактор под давлением, кипящего типа ректор), тяжеловодный реактор.

Тема 5. Работа с реальным симулятором

Изучение симулятора, изучение работы отдельных параметров симулятора, обучение управлению, демонстрация успешного управления реактором.

Тема 6. Изучение аварийных ситуаций на АЭС

Обзор существовавших ядерных аварий, причины и выводы.

Тема 7. Лицензирование АЭС

Изучение вопроса лицензирования АЭС – этапы, причины и необходимость.

Тема 8. Службы АЭС

Отдельные службы АЭС: дозиметрии, радиохимии, радиационной химии, управления отходами, мониторинга и т.д. Цели их работы и место на станции.

Рекомендуемые средства диагностики

Для диагностики сформированности компетенции студентов используются следующие основные средства:

- тесты;
- контрольные работы;
- рефераты;
- курсовые работы;
- коллоквиумы;
- зачеты;
- экзамены;
- итоговая аттестация;
- другие средства диагностики.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний	
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента		Иное
1.	Причины и история развития мировой атомной энергетики	2						
1.1.	Предпосылки и история развития атомной энергетики	2						
2.	Основы реакторной физики	10						
2.1.	Основы взаимодействия нейтронов с ядрами	2						
2.2.	Процесс деления ядер	2						
2.3.	Коэффициент размножения нейтронов	2						
2.4.	Замедление нейтронов	2						
2.5.	Уравнение диффузии или баланс нейтронов в размножающейся системе	2						
3.	Конструкция ядерных реакторов, их классификация и основы управления ядерным реактором	12						
3.1.	Принцип работы и основные элементы конструкции ядерного реактора	2						

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента	Иное	
3.2.	Требования, предъявляемые к конструкционным материалам реакторов	2						
3.3.	Тепловыделение в ядерном реакторе	2						
3.4.	Классификация реакторов	2						
3.5.	Тепловая мощность реактора. Реактивность и период реактора	2						
3.6.	Уравнение кинетики. Критичность	2						
4.	Процессы, протекающие в ядерных реакторах	8	4					
4.1.	Коэффициенты реактивности.	2						
4.2.	Регулирование мощности реактора – нейтронный цикл в энергетических реакторах		2					
4.3.	Эффекты реактивности. Измерение реактивности в переходных режимах и аварийные процессы	2						
4.4.	Выгорание и воспроизводство ядерного топлива	2						
4.5.	Отравление и шлакование ядерного реактора	2						

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента	Иное	
4.6.	Эффективность управляющих стержней. Удержание реактора на заданной мощности		2					
5.	Режимы работы ядерных реакторов и атомных станций	4	6					
5.1.	Физический и эксплуатационный пуски, эксплуатация, остановка, расхолаживание реактора	2						
5.2.	Изучение управлением АЭС		2					
5.3.	Нормальная работа станции на мощности		2					
5.4.	Системы безопасности станции		2					
5.5.	Выбросы АЭС	2						
6.	Основные типы ядерных реакторов современных АЭС	14	2					
6.1.	Тепловые схемы АЭС	2						
6.2.	Исследовательские реакторы, сборки. Ядерные установки прямого действия. Взрывные ядерные устройства	2						
6.3.	Водо-водяной реактор под давлением	2	2					

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента	
6.4.	Кипящий водо-водяной реактор	2					
6.5.	Тяжеловодный реактор CANDU	2					
6.6.	Канальные реакторы с графитовым замедлителем. Причины аварии на Чернобыльской АЭС	2					
6.7.	Реакторы на быстрых нейтронах. Проекты реакторов четвертого поколения	2					
7.	Конструкция АЭС с реактором ВВЭР под давлением	18	36				
7.1.	Структура и основные элементы активной зоны реактора	2					
7.2.	Строение топливных элементов и управляющих стержней	2					
7.3.	Детекторы активной зоны. Распределение нейтронного потока в активной зоне	2					
7.4.	Строение и функционирование первого контура. Вспомогательные системы	2					

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний	
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента		Иное
7.5.	Строение и функционирование второго контура станции	2						
7.6.	Ознакомление с программой симулятором реактора ВВЭР-1000		4					
7.7.	Особенности выгорания ядерного топлива в реакторах типа ВВЭР-1000		4					
7.8.	Изучение физических процессов в реакторе, эффекты реактивности		4					
7.9.	Ксеноновые колебания мощности и офсета в ядерном реакторе ВВЭР-1000		4					
7.10.	Аварийные ситуации в первом контуре ВВЭР-1000		8					
7.11.	Аварийные ситуации второго контура ВВЭР-1000		8					
7.12.	Горячий останов реактора и последующий пуск с выводом на 100% мощность		4					

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний	
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента		Иное
7.13.	Трубопроводы и арматура на атомных станциях, водно-химические режимы, вентиляционные установки	2						
7.14.	Перегрузочная машина для ядерного топлива на АЭС	2						
7.15.	Приводы органов управления реактором	2						
7.16.	Системы безопасности и работа АЭС в целом	2						
8.	Аварийные ситуации на АЭС	2	4					
8.1.	Обзор существовавших ядерных аварий, классификация	2						
8.2.	Анализ аварии типа Тримай-Айленд, работа с общественностью		2					
8.3.	Анализ аварии типа Чернобыля, работа с культурой безопасности персонала		2					
8.4.	Анализ аварии типа Фукусима, работа в чрезвычайных ситуациях		2					
8.5.	Анализ не больших аварий, причины, выводы		2					

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента	
9.	Принципы обеспечения безопасности ядерных реакторов	8	4				
9.1.	Принципы и критерии безопасности	2					
9.2.	Системы безопасности, барьеры, принцип защиты в глубину		2				
9.3.	Проектные и запроектные аварии	2					
9.4.	Понятие о системе контроля и управления на АЭС	2					
9.5.	Инженерные и организационные средства обеспечения безопасности ядерных реакторов		2				
9.6.	Детермистический анализ безопасности	2					
10.	Службы АЭС	2	6				
10.1.	Цели и место различных служб на станции	2					
10.2.	Служба дозиметрического и радиометрического контроля		2				
10.3.	Служба мониторинга		2				
10.4.	Отдел по контролю движения ядерных материалов на станции		2				

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента	
11.	Ввод и снятие с эксплуатации	4					
11.1.	Методология выбора площадки под строительство АЭС и выбора проекта	2					
11.2.	Снятие с эксплуатации АЭС	2					
12.	Лицензирование АЭС	2	4				
12.1.	Процедура лицензирования	2					
12.2.	Выработка различных документов для лицензирования на различных этапах в Беларуси		2				
12.3.	Международная практика лицензирования		2				

Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Нигматулин И.Н., Б.И. Нигматулин Ядерные энергетические установки. Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Кашеев В.П. Ядерные энергетические установки. Учеб. пособие для вузов. Мн.: Выш.шк., 1989
3. Дементьев Б. А. Ядерные энергетические реакторы. М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Ганчев Б. Г. и др. Ядерные энергетические установки. М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Меррей Р. Атомная энергетика. Пер. с англ./ Под общей ред. Э.Э. Шпильрайна М.: Энергия, 1979.
6. Белл Д., Глесстон С. Теория ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1974.
7. Галанин А. Д. Теория ядерных реакторов на тепловых нейтронах. М.: Атомиздат, 1990.
8. Рудик А.П. Физические основы ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1980
9. Левин В.Е. Ядерная физика и ядерные реакторы. Учебник для техникумов. М.: Атомиздат, 1979.
10. Алешин В.С., Кузнецов Н.М., Саркисов А.А. Судовые ядерные реакторы. Ленинград, Судостроение, 1968
11. Маргулова Т. Х. Атомные электрические станции. М.: Высшая школа, 1974.
12. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда/ Н.С. Бабаев, В.Ф. Демин и др. М.: Энергоатомиздат, 1984
13. Дементьев Б. А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1986.
14. Самойлов О. Б., Усынин Г. Б., Бахметов А. М. Безопасность ядерных энергетических установок. М.: Энергоатомиздат, 1989.
15. Доллежалъ Н.А., Емельянов И.Я. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК М.: Атомиздат, 1980.

Дополнительная литература

16. Материалы для ядерных реакторов. Под ред. Ю.К. Сокурского М.: Атомиздат, 1963.
17. Букринский А.М. Аварийные переходные процессы на АЭС с ВВЭР. М.: Энергоиздат, 1982
18. Уолтер А., Рейнольдс А. Реакторы - размножители на быстрых нейтронах. М.: Энергоатомиздат, 1986
19. Синев Н. М., Батуров Б. Б. Экономика атомной энергетики. М.: Атомиздат, 1986
20. Основные принципы безопасности атомных электростанций. Серия изданий по безопасности №75-INSAG-3 МАГАТЭ, Вена, 1989
21. В.В. Орлов и др. Атомная энергетика грядущего столетия и требования к ядерной технологии Труды междунар. семинара «Безопасность, экология, экономика», г. Москва, НИКИЭТ, 2000.
22. <http://www.acme-nuclear.com/> BWR-simulator
23. <http://www.nuclearfaq.ca/> CANDU-reactor
24. <http://www.pbmr.co.za/> Pebble Bed Modular Reactor (PBMR)

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)¹
1. Физика ядра	ЯиРБ		
