

**Северский технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(СТИ НИЯУ МИФИ)**

**Кафедра «Физики»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 5 от 28.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**14.04.02 Ядерные физика и технологии**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Ядерные энерготехнологии нового поколения**

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
1	5	180	32	32	16	48	100	Экз.
Итого	5	180	32	32	16	48	100	

## Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Ядерная физика атомных реакторов» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», образовательной программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

### 1) **знать:**

3.1 преимущества использования жидкометаллического теплоносителя в ядерной энергетике;

3.2 основные области практического применения жидких металлов в ядерной энергетике;

3.3 особенности конструкций активных зон

### 2) **уметь:**

У.1 применять полученные знания к решению практических задач связанных с оценкой характеристик активных зон ядерных реакторов

### 3) **владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

В.1 проводить сравнительный анализ ядерных, физических, теплофизических и химических свойств теплоносителей основных классов, используемых в атомной энергетике

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Ядерная физика атомных реакторов» являются:

изучение магистрантами современных представлений о преимуществах и перспективах использования ядерной энергии; о физике процессов в ядерных реакторах разных поколений.

Основными задачами дисциплины являются:

освоение студентами основных особенностей физических процессов, происходящих в активных зонах реакторов различных концепций

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Ядерная физика атомных реакторов» (Б1.Б.1.6) - Общенаучный модуль образовательной программы.

## 3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	З-ОПК-2 Знать: современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; У-ОПК-2 Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы В-ОПК-2 Владеть: навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

## 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Формирование воспитательного потенциала по данным образовательным программам не предусмотрено рабочей программой воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

## 5 Структура и содержание учебной дисциплины

### 5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по направлению 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», образовательной программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – 5, 180 час., обучение по дисциплине проходит в семестре 1.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

– **раздел 1** – «Ядерная физика атомных реакторов»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
<b>1 семестр (18 недель)</b>								
1	Ядерная физика атомных реакторов	32	32	16	64	9/ЛР1, 11/ЛР2, 13/ЛР3, 15/ЛР4, 2/ДЗ1, 6/БДЗ1, 8/ДЗ2, 12/ДЗ3, 16/ДЗ4	16/КР1	60
	Экзамен				36			40
<b>Итого за 1 семестр:</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>100</b>			<b>100</b>

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Номера разделов	Аттестационные мероприятия
– Знать: современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; (З-ОПК-2)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, БДЗ1, ДЗ2, ДЗ3, ДЗ4, КР1, Экзамен (1 сем.)
– Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (У-ОПК-2)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, БДЗ1, ДЗ2, ДЗ3, ДЗ4, КР1, Экзамен (1 сем.)
– Владеть: навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (В-ОПК-2)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, БДЗ1, ДЗ2, ДЗ3, ДЗ4, КР1, Экзамен (1 сем.)

## 5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Ядерная физика атомных реакторов</b>	
<b>1.1 Поколения ядерных реакторов.</b> Причины, сформировавшие список реакторов поколения IV, цели создания списка развиваемых концепций. Обзор списка технологий реакторов поколения IV. Возникновение концепции реакторов на быстрых нейтронах. Вовлечение в топливный цикл урана 238, внутренняя безопасность.	4
<b>1.2 Преимущества использования жидкометаллического теплоносителя в ядерной энергетике.</b> История развития от исследовательских до энергетических реакторов. Ядерное топливо для быстрых реакторов. Двуокись, моноксид и монокарбид урана. Физико-механические и нейтронно-физические свойства радиационное распухание, совместимость с материалами оболочек ТВЭЛОВ.	4
<b>1.3 Основные области практического применения жидких металлов в ядерной энергетике.</b> Сравнительный анализ ядерных, физических, теплофизических и химических свойств теплоносителей основных классов, используемых в атомной энергетике (вода, газы, органические соединения, диссоциирующие газы, легкоплавкие металлы и их расплавы). Свойства лития, натрия, свинца, расплавов Na-K, Pb-Bi, Pb-Li, Pb-Bi-Li.	4

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>1.4 Источники примесей в жидких металлах.</b> Зависимость растворимости примесей в жидких металлах от температуры. Физико-химические свойства соединений примесей с жидкими металлами. Характер взаимодействия жидких металлов с металлическими и неметаллическими примесями. Влияние примесей на физико-химические свойства жидких металлов. Методы контурной очистки («горячая» и «холодная» очистка) жидкометаллических теплоносителей. Меры по обеспечению безопасной эксплуатации жидкометаллических технологических систем	4
<b>1.5 Реакторы с натриевым теплоносителем.</b> Возможные варианты реализации концепции. Конструкция и опыт эксплуатации БН 350, БН 600, БН 800, проект БН 1200. Системы безопасности ядерных энергетических реакторов с натриевым теплоносителем на примерах БН 600, БН 800. Опыт аварий. Зарубежные проекты.	4
<b>1.6 Реакторы со свинцовым теплоносителем.</b> Обоснование технологии свинцового теплоносителя. Основные преимущества и проблемы, совместимость материалов. Технологии поддержания чистоты теплоносителя в контуре. Существующий опыт исследовательских реакторов. Характеристики и особенности конструкции активной зоны реактора типа Брест. Основные системы безопасности реактора, особенности и режимы работы. Вопросы переработки нитридного топлива	4
<b>1.7 Сравнительный анализ реакторов с жидкометаллическими теплоносителями.</b> Особенности теплоносителя свинец-висмут по сравнению со свинцовым теплоносителем. Основные преимущества и проблемы, совместимость материалов. Опыт работ, реактор ядерных подводных лодок проекта 645. Принцип модульной компоновки АЭС. Проект СВБР: конструкция активной зоны, теплогидравлический расчет. Преимущества моноблочной компоновки реактора. Основные системы безопасности моноблоков СВБР. Конструкция страховочного корпуса, пассивной системы отвода остаточного тепловыделения. Анализ проектных аварий	4
<b>1.8 Обзор проектов газоохлаждаемых реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым топливным циклом.</b> Обзор проектов газоохлаждаемых реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым топливным циклом. БГР-300, GCFR-300, GCFR-1000, GBR-4. Особенности конструкций активных зон. Соотношение между объемными долями компонентов активных зон. Обзор проектов реакторов малой мощности, концепция «ядерной батарейки».	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	32
<b>Всего по теоретическому разделу дисциплины:</b>	<b>32</b>

### 5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Ядерная физика атомных реакторов</b>	
<b>1.1 Определение длины пробега альфа-частиц.</b> Определение длины пробега альфа-частиц	4
<b>1.2 Изучение бета-радиоактивности.</b> Изучение бета-радиоактивности	4
<b>1.3 Определение периода полураспада.</b> Определение периода полураспада	4
<b>1.4 Исследование электронного парамагнитного резонанса .</b> Исследование электронного парамагнитного резонанса (ЭПР неспаренных электронов, а также ядерного магнитного резонанса)	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Всего по лабораторному практикуму дисциплины:</b>	<b>16</b>

#### 5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Ядерная физика атомных реакторов</b>	
<b>1.1 Схемы открытого и замкнутого ЯТЦ.</b> Типовая схема открытого и замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ). Связь параметров быстрых реакторов и ЗЯТЦ	4
<b>1.2 Реактор на быстрых нейтронах с внутренней безопасностью.</b>	8
<b>1.3 Концепции гетерогенной и гомогенной трансмутации.</b> Концепции гетерогенной и гомогенной трансмутации, сравнительный анализ возможностей реализации в различных вариантах реакторов на быстрых нейтронах	4
<b>1.4 Расчет коэффициента теплоотдачи при турбулентном течении теплоносителя.</b> Расчет коэффициента теплоотдачи при турбулентном течении теплоносителя с малыми числами Прандтля. Порядок расчета температур в канале реактора с жидкометаллическим теплоносителем	8
<b>1.5 Корреляции для расчета теплоотдачи.</b> Корреляции для расчета теплоотдачи к потоку натрия, свинца, свинцово-висмутовой эвтектики. Корреляции для расчета теплоотдачи к потоку гелия. Особенности применения формул	8
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>32</i>
<b>Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:</b>	<b>32</b>

#### 5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

## 6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Методы проблемного обучения, Проектный метод, Поисковый метод.

При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Работа в команде, Методы проблемного обучения, Проектный метод, Поисковый метод, Исследовательский метод.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Проектный метод, Поисковый метод, Исследовательский метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Методы проблемного обучения, Проектный метод, Поисковый метод, Исследовательский метод.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 48 час.

## 7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ОПК-2	З-ОПК-2	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, БДЗ1, ДЗ2, ДЗ3, ДЗ4, КР1, Экзамен (1 сем.)
ОПК-2	У-ОПК-2	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, БДЗ1, ДЗ2, ДЗ3, ДЗ4, КР1, Экзамен (1 сем.)
ОПК-2	В-ОПК-2	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, БДЗ1, ДЗ2, ДЗ3, ДЗ4, КР1, Экзамен (1 сем.)

**Шкалы оценки образовательных достижений.** Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Экзамена.

### Аттестация в 1 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
ЛР1	Лабораторная работа	4	2.4
ЛР2	Лабораторная работа	4	2.4
ЛР3	Лабораторная работа	4	2.4
ЛР4	Лабораторная работа	4	2.4
ДЗ1	Домашнее задание	4	2.4

БДЗ1	Большое домашнее задание	8	4.8
ДЗ2	Домашнее задание	4	2.4
ДЗ3	Домашнее задание	8	4.8
ДЗ4	Домашнее задание	8	4.8
КР1	Контрольная работа	12	7.2
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Экзамен		<b>40</b>	<b>24</b>
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	<b>60</b>

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х бальной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)			удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)
Зачет	Зачтено					Не зачтено	

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### Вопросы для Экзамена (1 семестр):

- 1 Основные области практического применения жидких металлов в ядерной энергетике.
- 2 Сравнительный анализ ядерных, физических, теплофизических и химических свойств теплоносителей основных классов, используемых в атомной энергетике (вода, газы, органические соединения, диссоциирующие газы, легкоплавкие металлы и их расплавы).
- 3 Свойства лития, натрия, свинца, расплавов Na-K, Pb-Bi, Pb-Li, Pb-Bi-Li.
- 4 Источники примесей в жидких металлах. Зависимость растворимости примесей в жидких металлах от температуры.
- 5 Физико-химические свойства соединений примесей с жидкими металлами.
- 6 Характер взаимодействия жидких металлов с металлическими и неметаллическими примесями. Влияние примесей на физико-химические свойства жидких металлов.
- 7 Методы контурной очистки («горячая» и «холодная» очистка) жидкометаллических теплоносителей.
- 8 Меры по обеспечению безопасной эксплуатации жидкометаллических технологических систем
- 9 Реакторы с натриевым теплоносителем.. Возможные варианты реализации концепции.

- 10 Конструкция и опыт эксплуатации БН 350, БН 600, БН 800, проект БН 1200.
- 11 Системы безопасности ядерных энергетических реакторов с натриевым теплоносителем на примерах БН 600, БН 800. Опыт аварий. Зарубежные проекты
- 12 Реакторы со свинцовым теплоносителем. Обоснование технологии свинцового теплоносителя. Основные преимущества и проблемы, совместимость материалов. Технологии поддержания чистоты теплоносителя в контуре.
- 13 Существующий опыт исследовательских реакторов. Характеристики и особенности конструкции активной зоны реактора типа Брест. Основные системы безопасности реактора, особенности и режимы работы. Вопросы переработки нитридного топлива
- 14 Сравнительный анализ реакторов с жидкометаллическими теплоносителями. Особенности теплоносителя свинец-висмут по сравнению со свинцовым теплоносителем.
- 15 Основные преимущества и проблемы, совместимость материалов. Опыт работ, реактор ядерных подводных лодок проекта 645.
- 16 Принцип модульной компоновки АЭС. Проект СВБР: конструкция активной зоны, теплогидравлический расчет.
- 17 Преимущества моноблочной компоновки реактора. Основные системы безопасности моноблоков СВБР. Конструкция страховочного корпуса, пассивной системы отвода остаточного тепловыделения. Анализ проектных аварий
- 18 Обзор проектов газоохлаждаемых реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым топливным циклом. Обзор проектов газоохлаждаемых реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым топливным циклом. БГР-300, GCFR-300, GCFR-1000, GBR-4.
- 19 Особенности конструкций активных зон. Соотношение между объемными долями компонентов активных зон. Обзор проектов реакторов малой мощности, концепция «ядерной батарейки».

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

- Л1.1 Барсуков О. А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии. [Электронный ресурс] / Барсуков О. А. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2011 - 560 с.
- Л1.2 Кузьмин А. М. Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах [Текст] [учебное пособие для вузов] / А. М. Кузьмин, А. Н. Шмелев, В. А. Апсэ - Москва: издательский дом МЭИ, 2015 - 128 с.
- Л1.3 Окунев В. С. Основы прикладной ядерной физики и введение в физику ядерных реакторов: учебное пособие / В. С. Окунев - Москва: Изд-во МГТУ, 2015 - 535 с.
- Л1.4 Шмелёв А. Н. Физика ядерных реакторов: потенциал гибридных наработчиков топлива: Учебное пособие для вузов / Шмелёв А. Н., Куликов Г. Г., Куликов Е. Г., Апсэ В. А. - Москва: Юрайт, 2021 - 116 с

### **8.2 Дополнительная литература**

- Л2.1 Архипов В. В. Теплообмен в ядерных энергетических установках: сборник задач [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Архипов В. В., Деев В. И., Корсун А. С., Похвалов Ю. Е.; Деев В.И. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2010 - 128 с.
- Л2.2 Белозеров В. И. Физика и эксплуатационные режимы реактора ВВЭР-1000 [Электронный ресурс] / Белозеров В. И., Жук М. М., Кузина Ю. А., Терновых М. Ю. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2014 - 288 с.
- Л2.3 Деев В. И. Ядерные реакторы с водой сверхкритического давления (основы теплового расчета): Учебное пособие для вузов / под общ. ред. Деева В.И. - Москва: Юрайт, 2021 - 156 с

Л2.4 Егоров Ю. В. Методы концентрирования и разделения радионуклидов: Учебное пособие для вузов / Егоров Ю. В., Бетенеков Н. Д., Пузако В. Д. ; под общ. ред. Егорова Ю.В. - Москва: Юрайт, 2021 - 129 с

Л2.5 Фисенко С. И. Гравитационное излучение и термоядерный синтез: Учебное пособие для вузов / Фисенко С. И. - Москва: Юрайт, 2021 - 49 с

### **8.3 Информационно-образовательные ресурсы**

## **9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

## **10 Учебно-методические рекомендации для студентов**

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

**Лекции.** Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: пометать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

**Практические занятия.** Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о

чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать факты и наблюдения современной жизни и т. д.

**Лабораторные работы.** Подготовка к лабораторной работе включает в себя работу с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, подготовку ответов к контрольным вопросам для допуска к выполнению лабораторной работы, написание отчета.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях института.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях кафедры запрещается находиться в верхней одежде. На рабочем столе должно находиться только необходимое оборудование и приборы для записей и расчетов. Запрещается класть на рабочий стол сумки, пакеты, шапки и другие посторонние предметы. Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после ознакомления с описанием работы и подготовки к ней. Запрещается включать какие-либо приборы или без предварительной проверки их преподавателем или лаборантом. После окончания работы студент должен сдать лаборанту выданные принадлежности, привести в порядок рабочее место, получить отметку в журнале о выполнении работы, предъявив для этого полученные результаты преподавателю.

Не начинайте выполнение опыта пока не уясните себе полностью его цель, метод и не составите план проведения опыта. Так как время проведения опыта ограничено учебными часами, отведенными на него, то всю подготовку необходимо провести самостоятельно до занятий.

Для записи результатов измерения в отчете должны быть заранее подготовлены таблицы, включающие как сами измерения, так и их погрешности.

К следующему занятию студент готовит очередную работу и предъявляет отчет о работе, выполненной на предыдущем занятии. Работа считается окончательно сданной после защиты отчета. Студент должен оформить отчет по прилагаемой форме:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) краткие сведения из теории, схема установки и основные рабочие формулы;
- 4) результаты измерений, представленные в виде таблиц и графиков;
- 5) расчет искомой величины и ее значение;
- 6) расчет ошибки измерения;
- 7) окончательный результат, полученный после округления, с указанием абсолютной и относительной ошибок измерения;
- 8) выводы, заключение о достижении цели, поставленной данной работой, с анализом полученного результата.

**Промежуточная аттестация.** Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

## **11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей**

На лекционных, практических, лабораторных занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Оформление отчетов по лабораторным работам

- Выполнение домашних заданий
- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (1 семестр)

В течение 1 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену по дисциплине. Студент на Экзамене должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

\*\*\*

Автор(ы): А.Г. Кеслер