

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

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

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

Численные методы / Numerical Methods

---

*название дисциплины*

для студентов направления подготовки

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

---

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

Nuclear Technologies

---

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

## **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **Цели и задачи фонда оценочных средств**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

*1.1 В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:*

Код компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-2	Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	З-ПК-2 – Знать: методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований У-ПК-2 – Уметь: использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований В-ПК-2 – Владеть: навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З-ПК-2 – Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования З-ПК-2 – Уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи З-ПК-2 – Владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами
ОПК-3	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	З-ОПК-3 Знать: основные принципы и требования к построению алгоритмов, синтаксис языка программирования У-ОПК-3 Уметь: разрабатывать алгоритмы для решения практических задач согласно предъявляемым требованиям В-ОПК-3 Владеть: средой программирования и отладки для разработки программ для практического применения

*1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП бакалавриата*

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

### 1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущая аттестация, 4 семестр</b>			
1.	Раздел 1. Аппроксимация и интерполяция	У-ПК-2	ЛР1
2.	Раздел 2. Численное интегрирование и численное дифференцирование.	З-ПК-2	
3.	Раздел 3. Решение систем линейных уравнений.	В-ПК-2	ЛР2
4.	Раздел 4. Численные методы решения интегральных уравнений.	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2; З-УКЕ-1; У-УКЕ-1; В-УКЕ-1; З-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3	
5.	Раздел 5. Простейшие разностные схемы.	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2; З-УКЕ-1; У-УКЕ-1; В-УКЕ-1; З-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3	ЛР3
6.	Раздел 6. Численные методы решения задачи Коши.	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2; З-УКЕ-1; У-УКЕ-1; В-УКЕ-1; З-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3	
<b>Промежуточная аттестация, 4 семестр</b>			
	экзамен	З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2; З-УКЕ-1; У-УКЕ-1; В-УКЕ-1; З-ОПК-3; У-ОПК-3; В-ОПК-3	Экзаменационный билет (Вопрос 1 и 2)

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
<b>Высокий</b> <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
<b>Продвинутый</b> <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
<b>Пороговый</b> <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-74	D/Удовлетворительно/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
<b>Ниже порогового</b>	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Зачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

Уровень сформированности компетенции	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
высокий	<b>высокий</b>	<b>высокий</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	<b>продвинутый</b>	<b>продвинутый</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	<b>пороговый</b>	<b>пороговый</b>
ниже порогового	<b>пороговый</b>	<b>ниже порогового</b>
	<b>ниже порогового</b>	-

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
  - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
  - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
ЛР1	5	9	15
ЛР2	8	9	15
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
ЛР3	15	18	30

<b>Промежуточная аттестация</b>	-	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Экзамен	-		
<i>Вопрос 1</i>	-	12	20
<i>Вопрос 2</i>	-	12	20
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

\* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

**4.Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки	<b>14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»</b>
Образовательная программа	<b>«Nuclear Technologies»</b>
Дисциплина	<b>Численные методы / Numerical Methods</b>

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №\_\_**

1. Вопрос для проверки уровня обученности **ЗНАТЬ** и **УМЕТЬ**  
.....
2. Вопрос для проверки уровня обученности **ВЛАДЕТЬ**  
.....

Составитель	_____	<b>В.В. Колесов</b>
	(подпись)	
Заведующий кафедрой/ начальник отделения	_____	<b>Д.С. Самохин</b>
	(подпись)	

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

## Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36-40	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;</li><li>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;</li><li>- правильно формулировать определения;</li><li>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;</li><li>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.</li></ul>
Хорошо 30-35	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;</li><li>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</li><li>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;</li><li>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li></ul>
Удовлетворительно 24-29	Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li><li>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li></ul>
Неудовлетворительно 23 и меньше	Студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"><li>- незнание значительной части программного материала;</li><li>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- существенные ошибки при изложении учебного материала;</li><li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li></ul>

**Обнинский институт атомной энергетики –**

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

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Направление подготовки **14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»**

Образовательная программа **«Nuclear Technologies»**

Дисциплина **Численные методы / Numerical Methods**

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Поиск корней трансцендентных уравнений. Метод деления отрезка пополам и метод хорд.
2. Поиск корней трансцендентных уравнений. Метод Ньютона. Метод секущих.
3. Поиск корней трансцендентных уравнений. Многомерный метод Ньютона.
4. Поиск корней трансцендентных уравнений. Метод парабол. Исключение уже найденных корней.
5. Метод Рыбакова поиска всех корней уравнения на заданном отрезке.
6. Поиск минимума одномерных функций. Метод «золотого сечения».
7. Поиск минимума одномерных функций. Метод парабол.
8. Поиск минимума многомерных функций. Метод покоординатного спуска.
9. Поиск минимума многомерных функций. Метод наискорейшего (градиентного) спуска.
10. Интерполяция. Построение интерполяционного полинома Лагранжа.
11. Интерполяция. Одномерные кубические сплайны.
12. Интерполяция. Одномерные и двумерные линейные сплайны.
13. Простейшие методы численного интегрирования. Методы прямоугольников, трапеций и Симпсона.
14. Метод Монте –Карло для численного интегрирования. Оценка погрешности.
15. Метод Гаусса численного интегрирования.
16. Метод Гаусса решения систем линейных уравнений.
17. Метод прогонки.
18. Численное решение интегральных уравнений.
19. Численное решение задачи Коши. Метод касательных (Эйлера).
20. Численное решение задачи Коши. Примеры методов Рунге – Кутты. Общий подход к построению методов Рунге – Кутты.

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки **14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»**

Образовательная программа **«Nuclear Technologies»**

Дисциплина **Численные методы / Numerical Methods**

### КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

#### Лабораторная работа №1

Написать на языке FORTRAN программу, реализующую расчетную схему для построения интерполяционного многочлена Лагранжа. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

##### Пример задания:

1. В соответствии с номером варианта ( $N$ ) заполнить строку № 3 Таблицы 1.
2. Для функции, заданной таблично (строки № 3 и 4 Таблицы 1), построить полином Лагранжа. Определить интерполированное значение функции для  $x = 3$  и  $x = 4,5$  с помощью полинома Лагранжа.

Таблица 1

1	$i$	0	1	2	3	
2	$x_i^T$	1	2	4	5	
3	$x_i$					$x_i = x_i^T + 0.1N$
4	$y_i$	2	1	2	3	

#### Лабораторная работа №2

Написать на языке FORTRAN программу, реализующую решение системы уравнений методом прогонки. Отладить ее и провести контрольные расчеты.

##### Пример задания:

$$\begin{aligned} 2x_1 + x_2 &= -5 \\ x_1 + 10x_2 - 5x_3 &= -18 \\ x_2 - 5x_3 + 2x_4 &= -40 \\ x_3 + 4x_4 &= -27 \end{aligned}$$

#### Лабораторная работа №3

Написать на языке FORTRAN метод итерации источника для решения простейшего одномерного одностороннего уравнения диффузии. Отладить программу и провести контрольные расчеты для заданных односторонних констант. Исследовать влияние констант на величину  $K_{эфф}$ .

**Пример задания:**

Найти распределение концентрации внутри полубесконечного тонкого цилиндрического сосуда ( $C(0,t)=0$ ), если начальное распределение концентрации вещества:  $C(x,0)=f(x)=C_0$ .

**Критерии и шкала оценивания Лабораторных работ 1 и 2**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Отлично с 14 до 15 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой;</li> <li>- корректное применение полученных знаний на практике;</li> <li>- своевременная сдача отчета;</li> <li>- правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.</li> </ul>
Хорошо с 11 до 13 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой;</li> <li>- хорошее знание теоретической базы;</li> <li>- в целом верная постановка целей и задач;</li> <li>- решение основных задач;</li> <li>- своевременная сдача отчета.</li> </ul>
Удовлетворительно с 9 до 10 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой;</li> <li>- хорошее знание теоретической базы;</li> <li>- в целом верная постановка целей и задач;</li> <li>- решение основных задач;</li> <li>- несвоевременная сдача отчета.</li> </ul>
Неудовлетворительно с 0 до 8 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- слабое знание теории;</li> <li>- несвоевременное выполнение работы;</li> <li>- несвоевременная защита работы;</li> <li>- незнание ответов на вопросы преподавателя.</li> </ul>

**Критерии и шкала оценивания Лабораторной работы 3**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Отлично с 28 до 30 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой;</li> <li>- корректное применение полученных знаний на практике;</li> <li>- своевременная сдача отчета;</li> <li>- правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.</li> </ul>
Хорошо с 22 до 27 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой;</li> <li>- хорошее знание теоретической базы;</li> <li>- в целом верная постановка целей и задач;</li> <li>- решение основных задач;</li> <li>- своевременная сдача отчета.</li> </ul>
Удовлетворительно с 18 до 21 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой;</li> <li>- хорошее знание теоретической базы;</li> <li>- в целом верная постановка целей и задач;</li> <li>- решение основных задач;</li> <li>- несвоевременная сдача отчета.</li> </ul>
Неудовлетворительно с 0 до 17 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- слабое знание теории;</li> <li>- несвоевременное выполнение работы;</li> <li>- несвоевременная защита работы;</li> <li>- незнание ответов на вопросы преподавателя.</li> </ul>