

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Саровский физико-технический институт -**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)  
**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра экспериментальной физики**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Декан ФТФ, член корреспондент  
РАН, д.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ А.К. Чернышев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Методы моделирования эксперимента

наименование дисциплины

|  |  |
|--|--|
| Направление подготовки (специальность) | <u>03.03.01 Прикладные математика и физика</u> |
| Наименование образовательной программы | <u>Электрофизика</u>                           |
| Квалификация (степень) выпускника      | <u>бакалавр</u>                                |
| Форма обучения                         | <u>очная</u>                                   |

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ЭФ, доцент, д.ф.-м.н.  
\_\_\_\_\_ Ю.Б. Кудасов

протокол № \* от \*\*\*\*\* 20 г.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

г. Саров, 2023г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф.-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф.-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф.-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф.-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202\_\_\_/202\_\_\_ учебный год.  
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф.-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

| <b>Семестр</b> | <b>В форме практической подготовки</b> | <b>Трудоёмкость, кред.</b> | <b>Общий объем курса, час.</b> | <b>Лекции, час.</b> | <b>Практич. занятия, час.</b> | <b>Лаборат. работы, час.</b> | <b>СРС, час.</b> | <b>КР/КП</b> | <b>Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗСО/</b> |
|----------------|--|----------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|--------------|--|
| 7              | 32                                     | 5                          | 180                            | 16                  | 32                            | 0                            | 96               | 36           | Экз.                                     |
| <b>ИТОГО</b>   | <b>32</b>                              | <b>5</b>                   | <b>180</b>                     | <b>16</b>           | <b>32</b>                     | <b>0</b>                     | <b>96</b>        | <b>36</b>    | <b>Экз.</b>                              |

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина "Методы моделирования эксперимента" изучает различные подходы к математическому описанию этапов и результатов физических и биофизических экспериментов различного типа. В ходе изучения дисциплины студенты знакомятся с подходами к планированию и организации эксперимента, изучают основы теории моделирования, учатся систематизировать информацию об объектах, системах или процессах и использования типовые аппаратные и программные средства моделирования объектов и систем управления.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью данного курса является обучение основам планирования научного эксперимента, его математической обработки результатов, а также разработке и исследованию математических моделей объектов и систем управления, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с построением математических моделей и отысканием оптимальных условий протекания сложных технологических процессов.

Задачами освоения дисциплины "Методы моделирования эксперимента" являются:

- изучение задач планирования и организации эксперимента и методов управления результатами научно-исследовательской деятельности;
- изучение основ теории моделирования, классификации моделей и методов моделирования, принципов построения моделей, основных методов математического моделирования объектов и систем управления;
- формирование умений систематизировать информацию об объектах, системах или процессах; осуществлять выбор наилучшего метода математического описания; выполнять оценку адекватности моделей; осуществлять оптимальный выбор программных средств для математического моделирования объектов и систем управления; интерпретировать и анализировать результаты моделирования.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Методы моделирования эксперимента» относится к вариативной части рабочего учебного плана по направлению 03.03.01 «Прикладные математика и физика».

Для успешного освоения дисциплины «Методы моделирования эксперимента» необходимы компетенции, формируемые в результате освоения следующих дисциплин:

- Уравнения математической физики
- Вычислительная математика
- Общая физика
- Статистическая физика
- Математические методы теоретической физики

Изучение дисциплины «Методы моделирования эксперимента» необходимо для успешного освоения следующих дисциплин:

- Лабораторный практикум по физической оптике
- Научно-исследовательская работа студента

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

#### Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|---|--|
| УК-8 Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов | З-УК-8 Знать: требования, предъявляемые к безопасности условий жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и пути обеспечения комфортных условий труда на рабочем месте<br>У-УК-8 Уметь: обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и комфортные условия труда на рабочем месте; выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте<br>В-УК-8 Владеть: навыками предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте |

#### Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД)  | Объект или область знания  | Код и наименование профессиональной компетенции  | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции  |
|---|--|--|--|
| <b>научно-исследовательский и инновационный</b>   |  |  |  |
| Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам темы в рамках предметной области по профилю специализации | Импульсные источники токов и напряжений, СВЧ-техника, электрофизические методики измерений, ускорители | ПК-1 Способен проводить сбор, анализ научнотехнической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования | З-ПК-1 Знать способы сбора, анализа научнотехнической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.<br>У-ПК-1 Уметь синтезировать и анализировать научнотехническую информацию по тематике исследования.<br>В-ПК-1 Владеть навыками сбора, синтеза и анализа научнотехнической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования. |

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|   |   | <p>ПК-2 Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области</p>  | <p>З-ПК-2 Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.</p> <p>У-ПК-2 Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области</p> <p>В-ПК-2 Владеть навыками выбора и применения оборудования, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.</p> |
| <p>Участие в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей</p> | <p>Импульсные источники токов и напряжений, СВЧ-техника, электрофизические методики измерений, ускорители</p> | <p>ПК-9.1 Способен самостоятельно и в составе группы проводить научные исследования в области электрофизики с применением экспериментальных методов, методов имитационного моделирования, статистических методов обработки экспериментальных данных, методов компьютерного моделирования процессов и объектов</p> | <p>З-ПК-9.1 Знать нормы и правила электробезопасности, ядерной и радиационной безопасности</p> <p>У-ПК-9.1 Уметь проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений</p> <p>В-ПК-9.1 Владеть навыками проведения экспериментальных измерений на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных</p>             |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  | <p>ПК-9.2 Способен к участию в проведении электрофизических измерений, выполнении экспериментов на электрофизических установках, источниках излучения, высоковольтном и измерительном оборудовании</p> | <p>З-ПК-9.2 Знать порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ<br/> У-ПК-9.2 Уметь создавать математические модели процессов, протекающих в экспериментальных стендах и установках<br/> В-ПК-9.2 Владеть навыками обработки результатов расчетных исследований</p> |
|--|--|--|--|

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ\*

| № п/п              | Наименование раздела /темы дисциплины                         | № недели       | Виды учебной работы |                          |             |           |           | Текущий контроль (форма)* | Максимальный балл (см. п. 5.3) |
|--------------------|---|----------------|---------------------|--------------------------|-------------|-----------|-----------|---------------------------|--------------------------------|
|                    |   |                | Лекции              | Практ. занятия/ семинары | Лаб. работы | СРС       |           |                           |                                |
|                    |   |                |                     |                          |             |           |           |                           |                                |
| <b>Семестр № 7</b> |   |                |                     |                          |             |           |           |                           |                                |
| <b>1.</b>          | <b>Название раздела</b>                                       |                |                     |                          |             |           |           |                           |                                |
| 1.1.               | Постановка целей и задач исследования.                        | 1              | 2                   | 6                        |             | 10        |           |                           |                                |
| 1.2.               | Планирование эксперимента.                                    | 3              | 2                   | 4                        |             | 10        | УО        |                           |                                |
| 1.3                | Основные понятия компьютерного моделирования.                 | 5              | 2                   | 4                        |             | 10        | УО        |                           |                                |
|                    | <b>Рубежный контроль</b>                                      | <b>6</b>       |                     |                          |             |           |           | <b>Контр.</b>             | <b>20</b>                      |
| <b>2.</b>          | <b>Название раздела</b>                                       |                |                     |                          |             |           |           |                           |                                |
| 2.1.               | Построение математической модели по экспериментальным данным. | 7, 9           | 4                   | 6                        |             | 15        |           |                           |                                |
| 2.2.               | Построение математической модели по экспериментальным данным. | 11             | 2                   | 4                        |             | 15        | УО        |                           |                                |
| 2.3                | Статистический анализ результатов моделирования.              | 13             | 2                   | 4                        |             | 20        | УО        |                           |                                |
| 2.4                | Планирование машинных экспериментов.                          | 15             | 2                   | 4                        |             | 16        | УО        |                           |                                |
|                    | <b>Рубежный контроль</b>                                      | <b>16</b>      |                     |                          |             |           |           | <b>Контр.</b>             | <b>25</b>                      |
|                    | <b>Промежуточная аттестация</b>                               | <b>Экзамен</b> |                     |                          |             |           | <b>36</b> | <b>0 - 50</b>             |                                |
|                    | <b>Посещаемость</b>   |                |                     |                          |             |           |           | <b>5</b>                  |                                |
|                    | <b>Итого:</b>   |                | <b>16</b>           | <b>32</b>                |             | <b>96</b> | <b>36</b> | <b>100</b>                |                                |

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

Контр. – контрольная работа

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины                                | Содержание  |
|------|--|---|
| 1.   | <b>Название раздела 1. Основные понятия</b>                          |   |
| 1.1. | <b>Постановка целей и задач исследования.</b>                        | Постановка целей и задач исследования. Определение объекта, предмета исследования и оценка точности измерений Научное изучение как основная форма научной работы. Общая схема хода научного исследования. Обоснование и доказательство актуальности выбранной темы. Постановка цели и конкретных задач исследования. Определение объекта и предмета исследования. Эксперимент как система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях. Опыт как отдельная элементарная часть эксперимента.   |
| 1.2. | <b>Планирование эксперимента.</b>                                    | Планирование эксперимента. План эксперимента – совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов. Планирование эксперимента как совокупность действий, направленных на разработку стратегии экспериментирования от начальных до заключительных этапов изучения объекта исследования (от получения априорной информации до создания работоспособной математической модели или определения оптимальных условий). Разработка плана эксперимента Основные принципы планирования эксперимента, обеспечивающие получение максимума информации при минимуме опытов. Отказ от полного перебора возможных входных состояний. Выбор числа уровней варьирования по каждому фактору на основании вида аппроксимации функции отклика. Принцип последовательного планирования, предусматривающий получение простейшей математической модели на основании небольшого числа опытов и, если полученная модель не удовлетворяет исследователя, постепенное усложнение математической модели на основе проведения новых (дополнительных) опытов до тех пор, пока не будет получена модель, которую исследователь признает достаточно хорошей. |
| 1.3. | <b>Основные понятия компьютерного моделирования.</b>                 | Основные понятия компьютерного моделирования. Понятие модели. Основы математического моделирования: цель моделирования, понятие математической модели, основные требования к математическим моделям. Классификация видов моделирования. Логическая структура моделей. Триада математического моделирования. Построение моделирующих алгоритмов: формализация и алгоритмизация процессов. Универсальность математических моделей. Этапы математического моделирования объектов и систем управления. Математические модели объектов и систем управления. Классификация моделей объектов управления.   |
| 2.   | <b>Название раздела 2. Методы моделирования и обработки данных</b>   |   |
| 2.1. | <b>Построение математической модели по экспериментальным данным.</b> | Построение математической модели по экспериментальным данным. Задача идентификации. Вычислительный эксперимент. Компьютерные и информационные технологии в математическом моделировании. Математические модели сложных систем. Понятие сложной системы.   |
| 2.2. | <b>Построение математиче-</b>  | Построение математической модели по экспериментальным   |

|      |   |   |
|------|---|---|
|      | <b>ской модели по экспериментальным данным.</b>         | данным. Этапы моделирования. Построение модели и вычислительный эксперимент. Модификация моделей. Теория подобия и моделирования. Формализация и переход к математической модели. Универсальность математических моделей. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Методы расчета математических моделей. Системы автоматизированного проектирования и автоматизации научных исследований. Проверка адекватности математических моделей. Точность оценивания.  |
| 2.3. | <b>Статистический анализ результатов моделирования.</b> | Статистический анализ результатов моделирования. Оценивание вероятностных распределений и их числовых характеристик. Оценка точности и достоверности результатов моделирования. Статистическое исследование зависимостей. Статистическая проверка гипотез. Гипотеза совпадения экспериментального среднего и известного значения. Гипотеза совпадения двух независимых средних величин. Гипотеза о линейности данных. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Проверка адекватности математической модели объекта исследования. Метод множественной корреляции. Простейшие случаи нелинейной корреляции. Метод линеаризации. Уравнение регрессии и его коэффициенты. |
| 2.4. | <b>Планирование машинных экспериментов.</b>             | Планирование машинных экспериментов. Методы теории планирования экспериментов. Стратегическое планирование машинных экспериментов. Тактическое планирование машинных экспериментов. Обработка и анализ результатов моделирования. Фиксация и статистическая обработка результатов моделирования. Анализ и интерпретация результатов машинного моделирования.  |

### Практические/семинарские занятия

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины                              | Содержание   |
|------|--|--|
| 1.   | <b>Название раздела 1. Основные понятия</b>                        |  |
| 1.1. | <b>Постановка целей и задач исследования.</b>                      | Элементы теории ошибок. Интервальная оценка ошибок измерения. Исключение грубых ошибок. Подбор эмпирических формул. Выходные показатели, характеристика исследуемых свойств или качеств.   |
| 1.2. | <b>Планирование эксперимента.</b>                                  | Планирование многофакторных экспериментов. Полный факторный эксперимент. Постановка задачи, выбор параметров факторов. Факторы и требования, предъявляемые к ним. Управляемость и совместимость, независимость, некоррелированность факторов. Методы выделения существенных факторов. Планирование отсеивающих экспериментов. Использование метода случайного баланса при составлении плана отсеивающего эксперимента. Организация, проведение и методы анализа результатов отсеивающих экспериментов. |
| 1.3. | <b>Основные понятия компьютерного моделирования.</b>               | Основные способы построения математических моделей объектов управления: аналитический и идентификационный. Выбор класса модели: линейные/нелинейные; статистические/динамические, детерминированные/стохастические, нечеткие.  |
| 2.   | <b>Название раздела 2. Методы моделирования и обработки данных</b> |  |
| 2.1. | <b>Построение математиче-</b>                                      | Непрерывно-детерминированные, дискретно-   |

|      |  |   |
|------|--|---|
|      | <b>ской модели по экспериментальным данным.</b>                      | детерминированные, дискретно-вероятностные и непрерывно-вероятностные модели. Имитационное моделирование сложных систем. Сравнительный анализ аналитических и имитационных моделей. Модельное время. Временная диаграмма. Этапы имитационного моделирования. Способы имитации.  |
| 2.2. | <b>Построение математической модели по экспериментальным данным.</b> | Классические математические модели. Математическая модель Лоренца. Математическая модель Ван дер Поля. Моделирование экологических систем. Моделирование многомерных дискретных динамических стохастических систем. Моделирование многомерных динамических стохастических систем в нормальном режиме функционирования; в аномальном режиме функционирования. Системы с резервированием информационных датчиков. |
| 2.3. | <b>Статистический анализ результатов моделирования.</b>              | Корреляционный и регрессионный анализ Вероятностная взаимосвязь между различными переменными. Выборочный коэффициент корреляции. Линейная регрессия. Расчет коэффициентов уравнения регрессии (параметров математической модели объекта исследования).  |
| 2.4. | <b>Планирование машинных экспериментов.</b>                          | Программные средства моделирования и исследования моделей. Основные программные инструментальные средства моделирования объектов и систем управления: Matlab. Применение Simulink для моделирования объектов и систем управления.   |

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Раздел            | Темы занятий   | Компетенция                              | Индикаторы освоения          | Текущий контроль, неделя |
|-------------------|--|--|------------------------------|--------------------------|
| <b>Семестр 1</b>  |  |  |                              |                          |
| Раздел 1          | 1.1. Постановка целей и задач исследования.                        | УК-8<br>ПК-1<br>ПК-2<br>ПК-9.1<br>ПК-9.2 | 3-УК-8;У-УК-8; В-УК-8        | УО - 3                   |
|                   | 1.2. Планирование эксперимента.                                    |  | 3-ПК-1;У-ПК-1; В-ПК-1        |                          |
|                   | 1.3. Основные понятия компьютерного моделирования.                 |  | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2       |                          |
| Рубежный контроль |  | УК-8<br>ПК-1<br>ПК-2<br>ПК-9.1<br>ПК-9.2 | 3-ПК-9.1; У-ПК-9.1; В-ПК-9.1 | УО - 5                   |
|                   |  |  | 3-ПК-9.2; У-ПК-9.2; В-ПК-9.2 |                          |
|                   |  |  | 3-УК-8;У-УК-8; В-УК-8        | Контр -6                 |
|                   |  |  | 3-ПК-1;У-ПК-1; В-ПК-1        |                          |
|                   |  |  | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2       |                          |
| Раздел 2          | 2.1. Построение математической модели по экспериментальным данным. | УК-8<br>ПК-1<br>ПК-2<br>ПК-9.1<br>ПК-9.2 | 3-ПК-9.1; У-ПК-9.1; В-ПК-9.1 | УО – 11                  |
|                   | 2.2. Построение математической модели по экспериментальным данным. |  | 3-ПК-9.2; У-ПК-9.2; В-ПК-9.2 |                          |
|                   | 2.3. Статистический анализ результатов моделирования.              |  | 3-ПК-1;У-ПК-1; В-ПК-1        |                          |
|                   |  |  | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2       |                          |
|                   |  |  | 3-ПК-9.1; У-ПК-9.1; В-ПК-9.1 | УО – 13                  |

|  |  |  |  |            |
|--|--|--|--|------------|
|  | <b>2.4. Планирование машинных экспериментов.</b> |  | 3-ПК-9.2; У-ПК-9.2; В-ПК-9.2   | УО – 15    |
|  | <b>Рубежный контроль</b>                         | УК-8<br>ПК-1<br>ПК-2<br>ПК-9.1<br>ПК-9.2 | 3-УК-8; У-УК-8; В-УК-8<br>3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1<br>3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-9.1; У-ПК-9.1; В-ПК-9.1<br>3-ПК-9.2; У-ПК-9.2; В-ПК-9.2 | Контр – 16 |
|  | <b>Промежуточная аттестация</b>                  | УК-8<br>ПК-1<br>ПК-2<br>ПК-9.1<br>ПК-9.2 | 3-УК-8; У-УК-8; В-УК-8<br>3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1<br>3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-9.1; У-ПК-9.1; В-ПК-9.1<br>3-ПК-9.2; У-ПК-9.2; В-ПК-9.2 | Экзамен    |

## **5.2. Примерные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **5.2.1. Оценочные средства для текущего контроля (УО)**

1. Общая схема хода научного исследования.
2. Интервальная оценка ошибок измерения.
3. Разработка плана эксперимента
4. Принцип последовательного планирования
5. Управляемость и совместимость, независимость, некоррелированность факторов эксперимента.
6. Методы выделения существенных факторов.
7. Классификация видов моделирования.
8. Логическая структура моделей.
9. Математические модели сложных систем.
10. Имитационное моделирование сложных систем.
11. Прямые и обратные задачи математического моделирования.
12. Математическая модель Лоренца.
13. Математическая модель Ван дер Поля.
14. Оценка точности и достоверности результатов моделирования.
15. Выборочный коэффициент корреляции.
16. Уравнение регрессии и его коэффициенты.
17. Тактическое планирование машинных экспериментов.
18. Программные средства моделирования и исследования моделей.

### **5.2.2. Оценочные средства для рубежного контроля (вопросы для письменной контрольной работы)**

1. Построение модели и вычислительный эксперимент.
2. Формализация и переход к математической модели.
3. Универсальность математических моделей. Прямые и обратные задачи математического моделирования.
4. Методы расчета математических моделей.
5. Проверка адекватности математических моделей.
6. Пакеты прикладных программ для моделирования.
7. Использование MathCAD и MATLAB при реализации экспериментальных исследований и математического моделирования.
8. Обработка экспериментальных данных.
9. Методики представления исходных данных для автоматизированного проектирования.
10. Разработка алгоритмов программ и их блоков.
11. Математическое моделирование сигналов, процессов и объектов.
12. Документирование вычислений при проектировании изделий.
13. Математические модели аналоговых средств измерений.
14. Математические модели цифровых средств измерений.
15. Структурные элементы и схемы в математическом моделировании.
16. Структурная схема прямого преобразования в математическом моделировании.
17. Математические модели погрешностей.
18. Задача идентификации.
19. Вычислительный эксперимент.
20. Компьютерные и информационные технологии в математическом моделировании.
21. Расчет измерительных каналов.
22. Математическое описание измерительных сигналов.
23. Математические модели измерительных сигналов.
24. Математические модели цифровой обработки сигналов.

### **5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (примерные вопросы к экзамену)**

1. Понятие модели. Классификация видов моделирования. Логическая структура моделей. Универсальность математических моделей.
2. Понятие сложной системы. Классификация математических моделей. Непрерывно-детерминированные, дискретно-детерминированные, дискретно-вероятностные и непрерывновероятностные модели.
3. Сравнительный анализ аналитических и имитационных моделей. Модельное время. Временная диаграмма.
4. Этапы имитационного моделирования. Способы имитации.
5. Погрешности косвенных измерений. Учет погрешности в записи окончательного результата измерения. Порядок выполнения округления.
6. Оценивание вероятностных распределений и их числовых характеристик. Проверка адекватности моделей.
7. Статистическая проверка гипотез. Гипотеза совпадения экспериментального среднего и известного значения.
8. Гипотеза совпадения двух независимых средних величин.
9. Гипотеза о линейности данных.
10. Моделирование многомерных динамических стохастических систем в нормальном режиме функционирования; в аномальном режиме функционирования.
11. Матричный подход к регрессионному анализу.
12. Дробный факторный эксперимент. Оценки коэффициентов функции отклика в дробном факторном эксперименте. Выбор оптимальных условий эксперимента.

13. Планирование машинных экспериментов: стратегическое планирование машинных экспериментов, тактическое планирование машинных экспериментов.
14. Обработка и анализ результатов моделирования: фиксация и статистическая обработка результатов моделирования, анализ и интерпретация результатов машинного моделирования

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

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 и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины   |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | 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.                                     |
| 85-89        | 4 – «хорошо»                  | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.   |
| 75-84        |                               | C           |   |
| 70-74        |                               | D           |   |
| 65-69        | 3 – «удовлетворительно»       | E           | 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.  |
| 60-64        |                               |             |   |
| Ниже 60      | 2 – «неудовлетворительно»     | F           | 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. |

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Зализняк, В. Е. Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 133 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12249-7.
2. Рейзлин, В. И. Математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. И. Рейзлин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 126 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08475-7.
3. Горлач Б.А., Шахов В.Г. - Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация. - Москва: Лань. – 2016. 292 с. Электронно-библиотечная система "Лань".
4. Васюков С.А. Системный подход применения электроизмерительных приборов и средств компьютерного моделирования в лабораториях вузов технического профиля// Машиностроение и компьютерные технологии. 2017. № 09. С. 24–43.

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При чтении лекционного материала используется электронное сопровождение курса: справочно-иллюстративный материал воспроизводится и озвучивается в аудитории с использованием проектора и переносного компьютера в реальном времени.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ).

Автор(ы): Докукина И.В., к. ф.-м.н., доцент кафедры высшей математики

Рецензент(ы):