

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

Утверждено

решением Ученого совета ННГУ
протокол от «31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Основы теории управления

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
09.03.02 Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы
**Информационные системы и технологии в физических
исследованиях**

Форма обучения
очная

Год начала подготовки

2022 год

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы теории управления» (Б1.В.08) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана основной образовательной программы по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Дисциплина «Основы теории управления» предполагает знакомство студентов с основами математического анализа, теории функций комплексной переменной, основными понятиями разделов «электричество» и «колебания» общего курса физики, базовыми и прикладными информационными технологиями, знание студентами основных принципов, базовых концепций информатики и программирования, основами радиотехники и электроники. Курс «Основы теории управления» опирается на следующие дисциплины:

- линейная алгебра, математический анализ, дифференциальные уравнения, теория функций комплексной переменной;
- физика: механика, электричество, колебания и волны;
- информационные технологии;
- радиотехника и электроника.

Дисциплина «Основы теории управления» направлена на формирование у студентов систематизированных знаний в области теории автоматического регулирования, способов описания и расчета систем управления, способов формализации систем управления на основе математических моделей, а также приобретению опыта по расчету основных характеристик и реализации простых систем автоматического управления (регулирования).

Целями освоения дисциплины «Основы теории управления» являются:

- ознакомление студентов с основными положениями теории управления, основными методами анализа и синтеза непрерывных и дискретных систем управления;
- формирование у студентов основ математического описания систем управления;
- изучение методов исследования систем автоматического управления;
- выработка практических навыков анализа процессов и закономерностей в системах управления с помощью математических моделей.

Дисциплина преподается в 8 семестре.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-13. Способен участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований, в обработке и анализе результатов	ПК-13.1. Знать основные принципы планирования, постановки и проведения экспериментальных исследований.	<i>Знать</i> основные понятия теории автоматического управления, методы анализа и расчёта систем автоматического регулирования, принципы функционирования элементарных блоков систем управления; основные структуры, модели и принципы построения систем автоматического регулирования;	<i>Собеседование</i>

	ПК-13.2. Уметь осуществлять постановку и проведение компьютерного и натурного эксперимента.	Уметь использовать современные методы анализа систем, применять понятия и методы теории управления для построения математических моделей и алгоритмов управления системой, применять основные методы анализа и синтеза линейных систем управления на основе типовых звеньев.	Собеседование
	ПК-13.3. Владение опытом постановки и проведения экспериментов по разработанной методике.	Владеть навыками регистрации и обработки экспериментальных данных при реализации простых систем автоматического регулирования с использованием аналоговой и цифровой схемотехники.	Практическое задание

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

Очная форма обучения	
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	41
- занятия лекционного типа, ч	13
- практические занятия, ч	26
- лабораторных, ч	
самостоятельная работа, ч	103
Промежуточная аттестация	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Введение в дисциплину. Основные понятия ТУ.	8	1	-	-	1	7
2. Структура и классификация систем управления. Виды и принципы управления.	9	1	-	-	1	8
3. Математические модели систем управления,	20	2	6	-	8	12

статические и динамические характеристики.						
4. Линейная теория автоматического управления	17	1	4	-	5	12
5. Структурные методы теории автоматического управления. <i>Отчет по моделированию структурной схемы системы управления</i>	22	2	4	-	6	16
6. Характеристики элементарных (типовых) звеньев САУ.	18	2	4	-	6	12
7. Типовые законы регулирования. <i>Отчет по результатам реализации проекта системы автоматического регулирования</i>	26	2	6	-	8	18
8. Устойчивость системы управления.	22	2	2	-	4	18
в том числе мероприятия текущего контроля	2				2	
Итого	Error! Re	Error! Re	Error! Re	-Error!	41	103
	source not	source not	source not	Reference		
				not found.		

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, лабораторного типа (метод проектов), групповых или индивидуальных консультаций
Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме - экзамен.

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение в дисциплину. Основные понятия теории управления.
 - 1.1. Процессы и сигналы.
 - 1.2. Основные понятия и определения теории управления.
2. Структура и классификация систем управления. Виды управления, принципы управления.
 - 2.1. Структура системы управления.
 - 2.2. Классификация автоматических и автоматизированных систем управления.
 - 2.3. Принципы управления.
 - 2.3.1. Разомкнутое управление.
 - 2.3.2. Компенсирующее управление.
 - 2.3.3. Управление с обратной связью (замкнутое управление).
 - 2.3.4. Принцип комбинированного управления.
 - 2.4. Локальные задачи управления. Задача стабилизации или регулирования, задача слежения, задача терминального управления
 - 2.5. Управление сложными системами.
3. Математические модели систем управления.
 - 3.1. Классификация и форма представления моделей объектов и систем управления.
 - 3.2. Статические и динамические характеристики.
 - 3.3. Одноканальное и многоканальное управление.

4. Линейная теория автоматического управления.
 - 4.1. Классификация линейных систем управления.
 - 4.2. Линеаризация нелинейных функций систем управления.
 - 4.3. Математическое описание линейных САУ.
 - 4.4. Частотные характеристики САУ. Передаточная функция.
 - 4.4.1. Модальные характеристики.
 - 4.4.2. Передаточная функция системы управления.
 - 4.4.3. Главная передаточная функция замкнутой системы.
 - 4.4.4. Передаточные функции по возмущению и по обратной связи.
5. Структурные методы теории автоматического управления.
 - 5.1. Правила преобразования структурных схем.
 - 5.2. Последовательное, параллельное и встречно-параллельное или соединение с обратной связью.
 - 5.3. Примеры построения структурной схемы системы управления по дифференциальному уравнению.
 - 5.4. Составление дифференциального уравнения по структурной схеме.
6. Характеристики элементарных (типовых) звеньев САУ.
 - 6.1. Типовые звенья направленного действия.
 - 6.2. Элементарные динамические звенья.
 - 6.3. Математическое описание типовых звеньев САУ.
 - 6.3.1. Безынерционное (пропорциональное, усилительное) звено.
 - 6.3.2. Идеальное дифференцирующее звено.
 - 6.3.3. Дифференцирующее звено первого порядка (форсирующее звено).
 - 6.3.4. Дифференцирующее звено с замедлением.
 - 6.3.5. Интегрирующее звено.
 - 6.3.6. Апериодическое (инерционное) звено.
 - 6.3.7. Колебательное звено.
 - 6.3.8. Звено чистого запаздывания.
7. Типовые законы регулирования. ПИД-контроллер.
 - 7.1. Типовые законы регулирования: пропорциональный, интегрирующий, дифференцирующий.
 - 7.2. Пропорционально-интегральный, пропорционально-дифференциальный, пропорционально-интегрально-дифференциальный законы регулирования.
 - 7.3. Уравнения основных типовых регуляторов.
8. Устойчивость системы управления. Критерии устойчивости линейных САУ.
 - 8.1. Устойчивость по входу и по начальным данным.
 - 8.2. Теорема об устойчивости линейной динамической системы.
 - 8.3. Критерии устойчивости.
 - 8.3.1. Алгебраический критерий устойчивости Рауса-Гурвица.
 - 8.3.2. Критерий устойчивости Михайлова.
 - 8.3.3. Критерий Найквиста.
 - 8.4. Понятие запаса устойчивости.

Практические занятия

Практическая часть курса построена на основе использования проектного метода обучения. Практические занятия предполагают выполнение студентами проектов по созданию микропроцессорной системы автоматического регулирования. Для выполнения проекта учебная группа в зависимости от количества студентов делится на 2 - 3 подгруппы, каждой подгруппе формулируется проектное задание на разработку управляющей аналоговой или микропроцессорной системы для конкретного технического устройства. Для целей использования в учебных студенческих проектах разработан набор относительно простых технических макетов, включающих в свой состав исполнительные механизмы, датчики и

устройства создания внешних воздействий (помех):

- регулятор температуры с управляемым источником питания,
- регулятор температуры с управляемым вентилятором,
- светодиодный регулятор освещенности экрана,
- регулятор скорости вращения электродвигателя с переменной нагрузкой,
- система стабилизации вертикальной устойчивости.

Выполнение проектного задания включает следующие этапы: разработка структурной схемы устройства управления; проведение схемотехнического моделирования (используются соответствующие программные пакеты схемотехнического моделирования, например MicroCap); разработка и изготовление (включая монтаж электронных компонентов) печатной платы; отладка аналоговой и / или цифровой частей схемы; разработка и отладка программы для микроконтроллера (при реализации микропроцессорной системы); проведение испытаний.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала вместе с соответствующими разделами учебных и учебно-методических пособий, в том числе с использованием систем компьютерной графики и электронных образовательных ресурсов. Одной из основных задач самостоятельной работы является подготовка и выполнение проекта по созданию микропроцессорной системы автоматического регулирования и подготовка отчета.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов осуществляется в следующих формах:

- Работа с компьютерными обучающими программами, электронными учебниками, тестовыми системами.
- Использование профессиональных прикладных программ моделирования физических процессов и методов обработки данных в системах автоматического регулирования.
- Работа со средствами телекоммуникации.
- Использование Интернет-ресурсов, электронных библиотек, распределенных и централизованных издательских систем.
- Использование открытых форм дистанционного обучения с использованием Интернета.
- Использование открытых электронных средств проектирования и разводки печатных плат и средств программирования микроконтроллеров.

После завершения этапа проведения испытаний студентам выставляется индивидуальная оценка, формирующаяся на основе общей оценки проекта и сведений о степени участия студентов подгруппы в реализации проекта, предоставляемых менеджерами проекта. Полученные студентами оценки за практику учитываются преподавателем в ходе проведения экзамена.

Вопросы для самоконтроля:

1. Развития средств автоматизации в истории развития общества.
2. Периоды становления и развития теории автоматического управления (регулирования). Краткая характеристика этих периодов.
3. Известные ученые, внесшие основной вклад в становление и развитие теории управления.
4. Понятия «управление» и «система управления».
5. Типовая функциональная схема САУ, ее частные случаи и основные элементы.
6. Основные принципы управления.
7. Классификация систем автоматического управления.
8. Статические и астатические системы автоматического регулирования.
9. Сущность принципа суперпозиции в теории управления.

10. Виды описания динамических свойств в ТАУ.
11. Импульсная и переходная функции линейной системы.
12. Понятие «физическая реализуемость системы».
13. Временные и частотные характеристики линейных систем.
14. Связь частотной характеристики стационарной линейной системы с импульсной функцией.
15. Понятия АФХ, АЧХ, ФЧХ.
16. Передаточная функция стационарной линейной системы.
17. Описание линейных систем дифференциальными уравнениями.
18. Элементарные типовые динамические звенья.
19. Основные характеристики типовых динамических звеньев.
20. Правила структурных преобразований стационарных линейных систем.
21. Понятие о законе управления.
22. Основные линейные законы регулирования.
23. Теорема об устойчивости линейной динамической системы.
24. Алгебраические и частотные критерии устойчивости.
25. Принцип аргумента в теории устойчивости.
26. Понятие запаса устойчивости линейной системы управления.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя текущие отчеты по результатам проведения компьютерного моделирования работы исследуемого устройства и выполнению этапов проекта, обсуждение полученных результатов с преподавателем.

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				недочетами.		объеме.	
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Аттестация включает экзамен в шестом семестре, включающий в себя теоретические вопросы, по темам, указанным в пункте «Содержание разделов дисциплины». Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций, используются билеты, состоящие из 2-х вопросов, составленных на основе контрольных вопросов и задачи. При проведении экзамена учитываются результаты выполнения проекта.

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

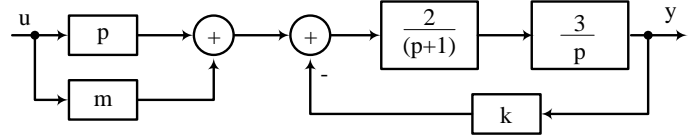
5.2.1 Контрольные вопросы

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
1.	Основные понятия о процессах и сигналах в системах автоматического управления. Понятие блока в системе управления, их функции и решаемые задачи. Классификация автоматических (автоматизированных) систем управления.	ПК-4.1

2.	Основные понятия и определения теории управления. Общая структура системы управления. Основные составные части в структуре системы управления и их функции.	ПК-4.1
3.	Классификация и функции воздействий на объект управления.	ПК-4.1
4.	Виды управления и принципы управления, их достоинства и недостатки.	ПК-4.1 ПК-4.2
5.	Математические модели систем управления (регулирования). Статические и динамические характеристики.	ПК-4.1
6.	Статическое и астатическое регулирование. Примеры реализации.	ПК-4.1 ПК-4.2
7.	Понятие переходного процесса в системе управления. Понятие переходной и импульсной характеристик. Основные параметры переходных характеристик.	ПК-4.1
8.	Математическое описание систем автоматического управления. Нормальное уравнение состояния системы. Пример составления математической модели элементов системы управления.	ПК-4.1 ПК-4.2
9.	Классификация линейных систем управления. Способы линеаризации нелинейных систем. Уравнение состояния системы в приращениях от рабочей точки. Принцип суперпозиции.	ПК-4.1
10.	Математическая модель линейной системы автоматического управления в нормальной форме Коши. Свободное поведение САУ, переходная матрица и модальные характеристики.	ПК-4.2
11.	Понятие передаточной функции в теории управления. Операторная форма записи уравнений состояния системы и матричная передаточная функция системы. Физическая реализуемость системы.	ПК-4.1
12.	Частотная характеристика элемента или системы управления. Формы представления частотной характеристики.	ПК-4.1 ПК-4.2
13.	Структурные методы в теории управления. Структурная схема замкнутой системы регулирования с обратной связью. Главная передаточная функция замкнутой системы управления.	ПК-4.1 ПК-4.2
14.	Элементарные (типовые) динамические звенья, их математические модели и основные характеристики.	ПК-4.1
15.	Правила преобразования структурных схем при последовательном, параллельном и встречно-параллельном (с обратной связью) соединениях звеньев, примеры их использования.	ПК-4.2
16.	Управление сложными системами. Классификация задач локального одноканального и многоканального управления.	ПК-4.2
17.	Регуляторы и задающие блоки в составе устройства управления системы. Типовые законы регулирования. ПИД-регулятор.	ПК-4.1 ПК-4.2
18.	Понятие устойчивости системы управления. Основное условие устойчивости (теорема об устойчивости) линейной системы управления.	ПК-4.1
19.	Критерии устойчивости линейных систем управления. Алгебраический критерий Рауса-Гурвица.	ПК-4.2
20.	Частотные критерии устойчивости линейных систем управления. Критерий Михайлова.	ПК-4.2
21.	Частотные критерии устойчивости линейных систем управления. Критерий Найквиста.	ПК-4.2
22.	Понятие запаса устойчивости системы управления.	ПК-4.2

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4.2

1. Построить структурную схему системы управления, описываемой дифференциальным уравнением $3\ddot{x} - 4\dot{x} + x = 2\dot{u}$ с начальными условиями $x(0) = x_0$, $\dot{x}(0) = \dot{x}_0$.



2. Составить математическую модель (дифференциальное уравнение) САУ по структурной схеме.

3. Представить математическую модель САУ, заданную уравнениями $\ddot{x} + 2\dot{x} - 5x = 3u$,

$$y = (\pi - 1)x \text{ в общем (матричном) виде } \begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}.$$

3. При каких значениях коэффициента усиления k ($k > 0$) система управления, заданная структурной схемой, будет устойчивой?

4. При каких значениях параметра k система управления, описываемая дифференциальным уравнением $x^{(4)} + 4x^{(3)} + 2\ddot{x} + 3\dot{x} + kx = u$, будет устойчивой?

5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4.3

Сформированность компетенции оценивается по результатам последовательного выполнения этапов проекта по созданию аналоговой или микропроцессорной системы автоматического регулирования, степени дисциплинированности и готовности к работе в команде, учета групповых интересов при решении конкретных задач этапов проекта, разработки структурной схемы, математического и схемотехнического моделирования устройства управления (отдельных частей устройства автоматического регулирования), разработки и изготовления печатной платы, отладки аналоговой и /или цифровой частей схемы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Коновалов, Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления. [Электронный ресурс] – СПб.: Лань, 2016. – 224 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71753>.
2. Певзнер Л.Д. Теория систем управления. [Электронный ресурс] – СПб : Лань, 2013. 424 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/68469>.
3. Глазырин Г.В. Теория автоматического регулирования [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778224735.html>
4. Егоров А.И. Основы теории управления. – М.: Физматлит, 2004., 3 экз.; [Электронный ресурс – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922105439.html>]
5. Ощепков А.Ю., Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB. [Электронный ресурс] – СПб. : Лань, 2013. 208 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5848>.

б) дополнительная литература:

1. Основы теории управления. / Составитель: Кошкин Ю.Н. – Новосибирск: НГТУ, 1998.
2. Медведев Ю.И. Курс лекций по теории автоматического управления. Часть 1: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004.
3. Горяченко В.Д., Пригоровский А.Л., Сандалов В.М. Задачи по теории колебаний, устойчивости движения и качественной теории дифференциальных уравнений. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2009. – 30 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.unn.ru/books/met_files/vadim2.doc.
4. Охорзин В.А. Сафонов Теория управления. [Электронный ресурс] – СПб.: Лань, 2014. – 224 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/49470>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий предназначены лекционные аудитории физического факультета ННГУ (ауд. №507, №509, №516), аудитории, оборудованные персональными компьютерами, объединенными в сеть с выходом в Интернет (№520, №528), установлено лицензионное программное обеспечение. При проведении лекционных занятий может быть использована аудитория (№517), оснащенная мультимедийным проектором.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе (ауд. №528). Выполнение проекта проводится в специализированной аудитории (№520), оснащенной измерительным оборудованием, средствами вычислительной техники, источниками питания и макетами лабораторных устройств. Разработка программного обеспечения, управляющего макетами устройств осуществляется в среде программирования Microsoft Visual Studio, MicroCap (демо-версия).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Автор:

д.ф.-м.н., профессор кафедры ИТФИ

Морозов О.А.

Рецензент

д.ф.-м.н., профессор, зав. каф.
статистической радиофизики и
мобильных систем связи РФФ

Мальцев А.А.

Заведующий кафедрой ИТФИ

д.т.н., профессор

Фидельман В.Р.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета ННГУ.

Председатель УМК физ.ф-та _____ Перов А.А.