

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева»**  
**АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**

---

---

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Глебов В.В.  
« 02 » \_\_\_\_\_ июня 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.08 Имитационное моделирование  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

*(код и направление подготовки)*

Направленность Математическое и программное обеспечение систем обработки информации

*(наименование профиля, программы магистратуры)*

и управления

Форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Год начала подготовки 2023

Объем дисциплины 72/2

*(часов/з.е)*

Промежуточная аттестация зачет

*(экзамен, зачет с оценкой, зачет)*

Выпускающая кафедра Прикладная математика

*(наименование кафедры)*

Кафедра-разработчик Прикладная математика

*(наименование кафедры)*

Разработчик(и): Емельянова Т.В., к.т.н.

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

г. Арзамас  
2023 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 № 11 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 23.05.2023 г. № 5

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 12.05.2023 № 2/1  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Пакшин П.В.  
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,  
протокол от 02.06.2023 г. № 6  
Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ Шурыгин А.Ю.  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 01.03.04 - 41  
Начальник УО \_\_\_\_\_ Мельникова О.Ю.  
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки \_\_\_\_\_ Старостина О.Н.  
(подпись)

## Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля) .....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	5
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам.....	6
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	7
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	7
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины .....	10
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости .....	10
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине .....	11
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине .....	12
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
6.1 Основная литература .....	14
6.2 Дополнительная литература .....	14
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....	14
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы .....	14
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	14
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....	15
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	15
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	15
10.1 Общие методические рекомендации для студентов по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	15
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа .....	16
10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....	16
10.4 Методические указания по самостоятельной работе студентов .....	16
10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса .....	17

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Имитационное моделирование» является подготовка студентов к выполнению профессиональных задач в рамках трудовой деятельности по профессиональному стандарту 40.011 «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок» в рамках обобщенной трудовой функции «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы» и изучение основ технологии имитационного моделирования и приёмов моделирования в среде имитационного моделирования.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

- изучение основ имитационного моделирования;
- изучение основных методов разработки имитационных моделей различных систем;
- овладеть современными прикладными программными средствами для анализа и имитационного моделирования различных процессов и систем;
- формирование устойчивых навыков практического решения задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОП ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Теория вероятностей, математическая статистика и теория случайных процессов», «Объектно-ориентированное программирование», «Математическое моделирование».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Имитационное моделирование» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких студентов.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Имитационное моделирование» направлен на формирование элементов профессиональной компетенции ПКС-2 в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ПКС-2</b>								
Численные методы					✓			
Уравнения математической физики						✓		
Теория управления							✓	
Специальные численные методы							✓	
Численные методы алгебры							✓	
Имитационное моделирование								✓
Преддипломная практика								✓
Выполнение и защита ВКР								✓

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Имитационное

моделирование», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
		Знать:	Уметь:	Владеть:
ПКС-2 Способен проводить аналитические и имитационные исследования	ИПКС-2.3. Проводит аналитические и имитационные исследования и оценку результатов.	<b>Знать:</b> - теоретические основы имитационного моделирования; - содержание процесса имитационного моделирования и область применения имитационного моделирования; - программное обеспечение, используемое для реализации имитационного моделирования; - приёмы формализации и алгоритмизации различных процессов и систем.	<b>Уметь:</b> - осуществлять формализацию различных задач для разработки имитационных моделей; - моделировать процессы в различных системах; - выбирать критерии и анализировать показатели эффективности операций различных систем; - осуществлять анализ результатов имитационного моделирования различных процессов.	<b>Владеть:</b> - методами разработки имитационных моделей; - способами отладки имитационных моделей; - методами построения и использования модели для описания и прогнозирования различных явлений, приемами качественного и количественного анализа имитационных моделей; - принципами работы в системе моделирования GPSS для решения задач имитационного моделирования.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. ед. или 72 часа, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		8 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
<b>Общая трудоемкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
занятия лекционного типа (Л)	16	16
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)		
лабораторные работы (ЛР)	16	16
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
Вид учебной работы	Трудоемкость в час	

	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		8 семестр
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	24	24
Подготовка к экзамену (контроль)*		
Подготовка к <u>зачету</u> / зачету с оценкой (контроль)	12	12

## 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов	
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
<b>8 семестр</b>						
ПКС-2 ИПКС-2.3	<b>Раздел 1. Основы имитационного моделирования</b>					
	Тема 1.1 Принципы имитационного моделирования	4			4	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.2.2]
	Тема 1.2 Логико-математическое описание моделируемой системы					
	<b>Итого по 1 разделу</b>	<b>4</b>			<b>4</b>	
	<b>Раздел 2. Система имитационного моделирования</b>					
	Тема 2.1 Основы построения системы имитационного моделирования GPSS Word	12			6	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]
	Тема 2.2 Операционные объекты GPSS Word					
	Тема 2.3 Построение моделей систем с одноканальными устройствами					
	Тема 2.4 Построение моделей систем с многоканальными устройствами и переключателями					
	Лабораторная работа №1. Моделирование систем с одним прибором		4		4	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3]
	Лабораторная работа №2. Моделирование систем с одним прибором и очередью		4		2	
Лабораторная работа №3. Моделирование распределенных систем обработки данных		4		4		
Лабораторная работа №4. Моделирование систем с различными законами распределения случайных величин		4		4		
<b>Итого по 2 разделу</b>	<b>12</b>	<b>16</b>		<b>20</b>		
<b>ИТОГО за семестр</b>		<b>16</b>	<b>16</b>		<b>24</b>	
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>16</b>	<b>16</b>		<b>24</b>	

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Лабораторные работы	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Критерии оценивания результатов обучения и процедуры оценивания компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины, приводятся в табл. 5.4.

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях. Лабораторные занятия проводятся в форме выполнения индивидуальных заданий. При выполнении индивидуального лабораторного задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

Возможно проведение итогового тестирования с использованием СДО MOODLE. Итоговое тестирование по дисциплине проводится в рамках самостоятельной работы. Итоговый тест содержит 10 тестовых вопросов (оценивание 70% показателей, время на проведение тестирования 20 минут). Возможно использование тестов с открытым ответом.

В таблице 5.3 представлена шкала соответствия набранных баллов по промежуточной аттестации и оценок на зачете по дисциплине «Имитационное моделирование».

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			0 баллов	1 баллов	
ПКС-2 Способен проводить аналитические и имитационные исследования	ИПКС-2.3. Проводит аналитические и имитационные исследования и оценку результатов.	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы имитационного моделирования;</li> <li>- содержание процесса имитационного моделирования и область применения имитационного моделирования;</li> <li>- программное обеспечение, используемое для реализации имитационного моделирования;</li> <li>- приёмы формализации и алгоритмизации различных процессов и систем.</li> </ul>	Теоретический материал не изучен или изучен частично.	Теоретический материал изучен.	Контроль участия в дискуссиях на лекциях
		<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять формализацию различных задач для разработки имитационных моделей;</li> <li>- моделировать процессы в различных системах;</li> <li>- выбирать критерии и анализировать показатели эффективности операций различных систем;</li> <li>- осуществлять анализ результатов имитационного моделирования различных процессов.</li> </ul>	Лабораторные задания не выполнены или выполнены частично.	Лабораторные задания выполнены полностью.	Контроль выполнения лабораторных заданий (см. табл. 4.2)
		<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами разработки имитационных моделей;</li> <li>- способами отладки имитационных моделей;</li> <li>- методами построения и использования модели для описания и прогнозирования различных явлений, приемами качественного и количественного анализа имитационных моделей;</li> <li>- принципами работы в системе моделирования GPSS для решения задач имитационного моделирования.</li> </ul>	Лабораторные задания не выполнены или выполнены частично.	Лабораторные задания выполнены полностью.	Контроль выполнения лабораторных заданий (см. табл. 4.2)



Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			0 баллов	1 балл	2 балла	
ПКС-2 Способен проводить аналитические и имитационные исследования	ИПКС-2.3. Проводит аналитические и имитационные исследования и оценку результатов.	<b>Знать:</b> - теоретические основы имитационного моделирования; - содержание процесса имитационного моделирования и область применения имитационного моделирования; - программное обеспечение, используемое для реализации имитационного моделирования; - приёмы формализации и алгоритмизации различных процессов и систем.	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
			Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		<b>Уметь:</b> - осуществлять формализацию различных задач для разработки имитационных моделей; - моделировать процессы в различных системах; - выбирать критерии и анализировать показатели эффективности операций различных систем; - осуществлять анализ результатов имитационного моделирования различных процессов. <b>Владеть:</b> - методами разработки имитационных моделей; - способами отладки имитационных моделей; - методами построения и использования модели для описания и прогнозирования различных явлений, приемами качественного и количественного анализа имитационных моделей; - принципами работы в системе моделирования GPSS для решения задач имитационного моделирования.	Задание не решено	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию (зачет)

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Баллы за решение задач**	
0	0-1	0-1	«не зачтено»
1	1-2	1-2	«зачтено»

\*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.

\*\*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

## 5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

### 5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

#### Типовые задания для лабораторных работ

##### Лабораторная работа №1. Моделирование систем с одним прибором.

**Задание:** Промоделировать работу врача терапевта.

Интервалы приходов пациентов распределены равномерно в интервале  $15 \pm 10$  минут.

Время приема распределено равномерно в интервале  $15 \pm 5$  минут. Пациенты принимаются в порядке «первым пришел – первым обслужен».

Необходимо промоделировать работу врача в течение 6 часов.

Используя среднее значение интервала времени приходов, необходимо определить, сколько клиентов может прийти в течение 6 часов. Необходимо сравнить полученное значение с фактическим числом приходов.

Используя среднее значение интервала времени приходов и среднее значение времени обслуживания, необходимо подсчитать нагрузку врача. Сравнить ее со статистическим значением нагрузки.

##### Лабораторная работа №2. Моделирование систем с одним прибором и очередью.

**Задание:** Промоделировать работу билетной кассы аэрофлота.

Интервалы прихода пассажиров распределены равномерно, в интервале  $8 \pm 4$  минут.

Время обслуживания распределены равномерно, в интервале  $8 \pm 3$  минут. Пассажиры обслуживаются в порядке «первым пришел – первым обслужен».

Модель работы билетной кассы должна обеспечить сбор статистики об очереди.

Необходимо промоделировать работу кассы в течение 10 часов

##### Лабораторная работа №3. Моделирование распределенных систем обработки данных.

**Задание:** Простая телефонная система имеет две внешние линии.

Входящие звонки поступают каждые  $100 \pm 60$  секунд.

Если линия занята, то звонящий производит повторный набор номера по истечении  $5 \pm 1$  минут.

Длительность звонка составляет  $3 \pm 1$  минуты.

Сколько времени уйдет на 200 успешных звонков?

Какое количество транзактов ожидали попытки перезвонить?

## **Лабораторная работа №4. Моделирование систем с различными законами распределения случайных величин.**

**Задание:** Небольшой продовольственный магазин состоит из 2-х прилавков и одной кассы на выходе из магазина.

Среднее значение интервала прихода покупателей составляет 65 секунд.

Войдя в магазин, каждый покупатель берет корзинку и может обойти один или несколько прилавков, выбирает продукты. Вероятность обхода конкретного прилавка 0.85. Время, требуемое для обхода прилавка от 50 до 150 секунд, и число покупок, выбранных у прилавка от 2 до 4 покупок.

После того как товар выбран, покупатель становится в конец очереди к кассе. Уже стоя в очереди, покупатель может захотеть сделать еще от 1 до 3 покупок.

Время обслуживания покупателя на кассе пропорционально числу сделанных покупок, на одну покупку уходит 3 секунды проверки.

После оплаты продуктов покупатель оставляет корзинку и уходит.

Необходимо построить модель, описывающую процесс покупок в продовольственном магазине. Приход покупателей рассмотреть в 2 вариантах: пуассоновский и экспоненциальный со средним значением 65 секунд. Провести моделирование 8-часового рабочего дня и определить нагрузку кассира и максимальную длину очереди перед кассой.

### **5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен.

Возможно проведение промежуточной аттестации в устно-письменной форме по вопросам или в форме компьютерного тестирования в системе MOODLE.

#### **Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету (ОПК-2, ИОПК-2.3):**

Вопросы к зачету:

1. Виды моделирования.
2. Классификация, назначение, примеры имитационных моделей.
3. Основные принципы построения имитационной модели.
4. Этапы построения имитационной модели.
5. Анализ имитационной модели. Проверка адекватности модели. Проверка устойчивости и чувствительности модели.
6. Логико-математическое описание моделируемой системы.
7. Калибровка модели путем сравнения законов распределения вероятностей в модели и объекте.
8. Система моделирования GPSS World. Основные функциональные объекты. Стандартные числовые атрибуты, формат языка, стандартный отчет.
9. Основные операторы языка GPSS World и их формат.
10. Разработка моделей системы, реализованной на языке GPSS World.

#### **Пример задания:**

Телевизионная мастерская наняла одного мастера для капитального ремонта сдаваемых в аренду телевизоров, сервисного обслуживания клиентов и выполнения мелкого немедленного ремонта. Необходимость в капитальном ремонте телевизоров, принадлежащих компании, возникает каждые  $40 \pm 8$  часов, ремонт занимает  $10 \pm 1$  час. Мелкий ремонт, настройка каналов и настройка телевизоров выполняется немедленно. Необходимость в мелком ремонте возникает каждые  $90 \pm 10$  минут, ремонт занимает  $15 \pm 5$  минут. Телевизоры клиентов, требующие обычного обслуживания, прибывают каждые  $5 \pm 1$  часов, их ремонт занимает  $120 \pm 30$  минут. Обычное обслуживание телевизоров имеет более высокий приоритет, чем капитальный ремонт сдаваемой в аренду техники и техники, находящейся в собственности компании.

Необходимо:

1. Смоделировать работу мастерской в течение 50 дней.
2. Определить коэффициент использования мастера и задержки при обслуживании заказчиков.

**Итоговый тест для проведения промежуточной аттестации (ОПК-2, ИОПК-2.3):**

Итоговый тест для проведения промежуточной аттестации обучающихся сформирован в системе MOODLE и находится в свободном доступе на странице курса «Имитационное моделирование» по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=296>.

**Регламент проведения промежуточной аттестации в форме тестирования в MOODLE**

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых студенту	Время на тестирование, мин.
50	10	20

### **5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине**

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).
2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ПКС-2 ИПКС-2.3					
<b>Знать:</b> - теоретические основы имитационного моделирования; - содержание процесса имитационного моделирования и область применения имитационного моделирования; - программное обеспечение, используемое для реализации имитационного моделирования; - приёмы формализации и алгоритмизации различных процессов и систем.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснить полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснить полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Промежуточная аттестация или тестирование
<b>Уметь:</b> - осуществлять формализацию различных задач для разработки имитационных моделей; - моделировать процессы в различных системах; - выбирать критерии и анализировать показатели эффективности операций различных систем; - осуществлять анализ результатов имитационного моделирования различных процессов.	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение лабораторных работ Промежуточная аттестация или тестирование
<b>Владеть:</b> - методами разработки имитационных моделей; - способами отладки имитационных моделей; - методами построения и использования модели для описания и прогнозирования различных явлений, приемами качественного и количественного анализа имитационных моделей; - принципами работы в системе моделирования GPSS для решения задач имитационного моделирования.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение лабораторных работ Промежуточная аттестация или тестирование

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1 Основная литература**

6.1.1 Фомин, В. Г. Имитационное моделирование : учебное пособие / В. Г. Фомин. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2015. — 87 с. — ISBN 918-5-7433-2861-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/76483.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/76483>

6.1.2 Салмина, Н. Ю. Имитационное моделирование : учебное пособие / Н. Ю. Салмина. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2015. — 118 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/70012.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6.1.3 Черняева, С. Н. Имитационное моделирование систем : учебное пособие / С. Н. Черняева, В. В. Денисенко ; под редакцией Л. А. Коробова. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2016. — 96 с. — ISBN 978-5-00032-180-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/50630.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

### **6.2 Дополнительная литература**

6.2.1 Кельтон В. Имитационное моделирование. - СПб.; Киев : Питер; BHV, 2004. - 847 с.

6.2.2 Павловский Ю.Н. Имитационное моделирование. - М. : Академия, 2008. - 236 с.

### **6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

6.3.1 Методические рекомендации для лабораторных работ по освоению дисциплины «Имитационное моделирование». Рекомендованы заседанием кафедры «Прикладная математика» АПИ НГТУ, протокол №4 от 29.04.2021 г.

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы**

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru).

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>.

### **7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины**

7.2.1 Microsoft Windows

7.2.2 Microsoft Office

7.2.3 GPSS World

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение <b>IPR BOOKS WV-Reader</b>
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы студентов, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
<b>206</b> – Учебная лаборатория математического моделирования г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Компьютеров конфигурация 2 – 11 шт. Рабочих мест студентов – 20 шт. Доска аудиторная маркерная – 1 шт.
<b>316</b> - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 10.1 Общие методические рекомендации для студентов по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы со студентами (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы студентов и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для лабораторных занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=296> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта, СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

## **10.2 Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки студентов к лабораторным занятиям, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

## **10.4 Методические указания по самостоятельной работе студентов**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку студентов к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности студентов на занятиях и в качестве выполненных лабораторных заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.



Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

## **10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса**

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_auditorii.PDF](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF).

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_srs.PDF](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF).

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf).

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf).

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины  
на 20 \_\_\_\_/20 \_\_\_\_ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ Глебов В.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ Шурыгин А.Ю.  
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО \_\_\_\_\_ Мельникова О.Ю.  
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки \_\_\_\_\_ Старостина О.Н.  
(подпись)