



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.01.12 Имитационное моделирование систем  
массового обслуживания**

**Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика**

**Направленность (профиль): Прикладное программирование и информационные системы**

**Квалификация (степень): бакалавр**

**Форма обучения: очная**

**Институт: математики, естествознания и техники**

**Кафедра: математики и методики ее преподавания**

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	4		
Семестр	8		

Лекции	18		
Лабораторные занятия	18		
Практические (семинарские) занятия	18		
в т.ч. практическая подготовка	4		
Форма(ы) промежуточной аттестации	Зачет		
Контроль			
Иные формы работы			
Самостоятельная работа	18		

**Всего часов: 72**

**Трудоемкость: \_\_2\_\_ зачетных единицы.**

**Разработчик(и) рабочей программы:**

кандидат физико-математических наук, доцент Е.В. Игонина

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Цель изучения дисциплины:** ознакомление студентов с основными методами решения задач на основе имитационного моделирования, получение навыков создания моделей систем различного назначения, изучение методов планирования экспериментов, применение полученных знаний при создании и проведении экспериментов с имитационными моделями систем различной сложности.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- знакомство с основными понятиями теории систем массового обслуживания и ее приложениями;
- развитие аналитического мышления, навыков имитационного моделирования систем с конфликтами за ресурсы и методами экспериментального анализа таких систем;
- изучение методов построения имитационных моделей для решения прикладных задач,
- знакомство с методикой проведения инженерных расчетов в системе.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** реализуется в рамках вариативной части (части, формируемой участниками образовательных отношений) блока Б1. Дисциплины (модули).

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:**

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1	<b>Знать:</b> -методы поиска информации и работы с ней; - сущность системного подхода;	<b>Знает:</b> - об основных механизмах и методиках поиска, синтеза информации; - примеры применения системного подхода при поиске и обработке информации; – основы имитационного моделирования, необходимые для создания прикладных программ; математические методы решения профессиональных задач.
	<b>Уметь:</b> -анализировать задачу, выделять этапы ее решения, осуществлять действия по решению; - находить различные варианты решения задачи, оценивать их преимущества и риски;	<b>Умеет:</b> - разрабатывать этапы решения поставленной задачи, выделяя ее основные составляющие; - производить разбор задачи с указанием этапов и конечных целей; - анализировать пути решения задачи с их оценкой и критическим анализом

		<p>недостатков и достоинств;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать наиболее оптимальные пути решения задачи;</li> <li>– строить имитационные модели и применять их для прогнозирования различных явлений, осуществления их качественного и количественного анализа, выработки управленческих решений.</li> </ul>
	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-навыками оценивания практических последствий возможных вариантов решения задачи;</li> <li>-навыками грамотного, логичного, аргументированного формулирования собственных суждений и оценок.</li> </ul>	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками установления причинно-следственных связей и определения наиболее значимых среди них;</li> <li>- навыками осуществления поиска информации с применением современных технологий,</li> <li>– методами автоматизированного разработки имитационных моделей, сбора и обработки результатов, необходимыми для профессиональной деятельности.</li> </ul>
<b>ПКС-1</b>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы и приемы формализации задач, языки формализации функциональных спецификаций;</li> <li>– принципы построения и виды архитектуры программного обеспечения;</li> <li>– типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения</li> </ul>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– структуру процесса имитационного моделирования, основные методологические подходы и методы построения имитационных моделей;</li> <li>– компьютерные среды моделирования и возможности функционала используемых имитационных языков.</li> </ul>
	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вырабатывать варианты реализации программного обеспечения;</li> <li>– применять методы и технологии проектирования программного обеспечения, программных интерфейсов, структур и баз данных</li> </ul>	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять язык GPSS для имитационного моделирования систем (в том числе экономических);</li> <li>– проводить расчет и анализ основных характеристик распределений исходных и выходных показателей;</li> <li>– выстраивать принятие решений на основе полученных результатов моделирования.</li> </ul>
	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– действиями по разработке и согласованию технических спецификаций на программные компоненты;</li> <li>– действиями по согласованию требований к программному</li> </ul>	<p><b>Владеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прикладными пакетами программ для моделирования СМО;</li> <li>– основами имитационного моделирования экономических процессов.</li> </ul>

	обеспечению с заинтересованными сторонами, распределению заданий между программистами в соответствии с техническими спецификациями, осуществлению контроля выполнения заданий, формированию отчетности в соответствии с установленными регламентами.	
--	--	--

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

### Очная форма обучения

№	Наименование разделов и тем	Всего часов	Ауд. занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
8 семестр						
	Раздел 1. Процесс имитационного моделирования (базовые понятия).	6	2	2		2
	Тема 1. Процесс имитационного моделирования (базовые понятия). Введение в имитационное моделирование. Имитационные модели, основные определения. Структура процесса имитационного моделирования.	6	2	2		2
	Раздел 2. Математический аппарат имитационного моделирования.	6	2	2		2
1	Тема 2. Применение теории вероятностей и математической статистики к имитационному моделированию. Виды вероятностных распределений, используемых в имитационном моделировании. Статистические проблемы имитационного моделирования.	6	2	2		2
	Раздел 3. Основные методологические подходы к построению имитационных моделей.	6	2	2		2

	<p><b>Тема 3.</b> Имитационные модели систем. Дискретные имитационные модели.</p> <p>Непрерывные имитационные модели.</p> <p><b>Тема 4.</b> Методологии имитационного моделирования. Принципы и методы построения имитационных моделей.</p> <p><b>Тема 5.</b> Аналитический метод, метод статистического моделирования (метод Монте - Карло), комбинированный подход.</p>	6	2	2		2
	<p><b>Раздел 4. Современные универсальные компьютерные среды и языки имитационного моделирования.</b></p>	12	4	4		4
	<p><b>Тема 6.</b> Компьютерные среды моделирования. Построение моделей в компьютерных средах для производственно-технологических и социально-экономических систем.</p> <p><b>Тема 7.</b> Виды применяемых систем и примеры формирования имитирующих моделей.</p> <p><b>Тема 8.</b> Возможности использования имитационных языков.</p>	6	2	2		2
	<p><b>Тема 13.</b> Среда дискретного моделирования: процессно-транзактно-ориентированные системы моделирования блочного типа - (Extend, Arena, ProModel, Witness, Taylor, Gpss/H-Proof , и др.); системы, основанные на сетевых концептах (network paradigms), сетевые парадигмы (сети Петри и их расширения), модели и методы системной динамики, - (Powersim, Vensim, Dynamo, Stella, Ithink и др.), динамические системы</p>	6	2	2		2

	(MATLAB), агентное моделирование (AnyLogic)					
	<b>Раздел 5. Язык имитационного моделирования GPSS (General Purpose Simulating System).</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>2</b>
	<b>Тема 14.</b> Язык имитационного моделирования GPSS (General Purpose Simulating System). Основные правила и операторы языка GPSS. <b>Тема 15.</b> Применение языка GPSS для имитационного моделирования экономических систем.	17	2	2	9	2
	<b>Раздел 6. Имитационное (компьютерное) моделирование экономических систем.</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
	<b>Тема 16.</b> Имитационное моделирование инвестиционных рисков. Установление взаимосвязи Между исходными и выходными показателями в виде математических уравнений или неравенств. Законы распределения вероятностей для ключевых параметров модели. Компьютерная имитация значений для ключевых параметров модели. Расчет основных характеристик распределений исходных и выходных показателей. Анализ полученных результатов и принятие решения.	9	2	2	3	2
	<b>Раздел 7. Имитационное (компьютерное) моделирование производственно-технологических систем.</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
	<b>Тема 17.</b> Имитационные модели систем массового	9	2	2	3	2

	обслуживания. Классификация систем массового обслуживания. Основная задача теории массового обслуживания. Модели потоков событий. Применение прикладных пакетов программ для моделирования СМО.					
	<b>Раздел 8. Имитационные модели, область применения. Перспективы применения имитационного моделирования в экономике.</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
	<b>Тема 18.</b> Имитационное моделирование экономического процесса управления запасами. Имитационное моделирование производственной фирмы. Имитационное моделирование торговой точки. Имитационное финансовое моделирование. Использование имитационного проектирования сложных систем.	9	2	2	3	2
	<i>Форма отчетности: зачет</i>					
	<i>Контроль</i>					
	<i>Итого за 8 семестр</i>		<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>	<i>18</i>
	в т.ч. практическая подготовка	<i>4</i>				
	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>

**Очно-заочная форма обучения не реализуется  
Заочная форма обучения не реализуется**

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы.

#### **Типовой вариант контрольной работы**

На вокзале имеется одна касса по продаже билетов. Пассажиры делятся на два типа:

1) приобретающие билеты на отходящий транспорт, интервал времени их прихода  $a$  минут, время обслуживания  $b$  минут;

2) приобретающие билеты заблаговременно, интервал времени их прихода  $c$  минут, время обслуживания  $d$  минут.

Билеты продаются независимо от типа пассажиров. Задержка в обслуживании пассажиров, стоящих в очереди, приводит к экономическим потерям со стороны кассира, которые в расчете на одного необслуженного пассажира составляют  $e$  у.е.. Стоимостные потери могут быть сокращены за счет введения приоритетности обслуживания пассажиров:

продажа билетов осуществляется в первую очередь пассажирам, покупающим билеты на отходящий транспорт по принципу «первым пришел – первым обслужен» внутри приоритетного типа.

Необходимо создать модель работы билетной кассы для обеих дисциплин обслуживания очереди и выполнить моделирование для каждой из них в течение  $f$  часов. Уменьшится ли среднее число ожидающих пассажиров? Обосновано ли с экономической точки зрения введение приоритетного обслуживания пассажиров?

Варианты заданий приведены в табл.

№ варианта	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$
1	$4 \pm 2$	$4 \pm 2$	$10 \pm 5$	$5 \pm 3$	25	6
2	$5 \pm 3$	$4 \pm 3$	$11 \pm 4$	$6 \pm 2$	3	5
3	$5 \pm 2$	$5 \pm 3$	$9 \pm 5$	$5 \pm 2$	27	7

### Примерная тематика рефератов

1. Понятие имитационного моделирования и модели. Моделирующая система (пакет прикладных программ).
2. Типовые задачи, решаемые средствами имитационного моделирования экономических процессов. Ситуации, в которых целесообразно применять имитационные модели.
3. Функционально-структурная схема имитационной модели.
4. Основные типовые этапы имитационного моделирования при создании модели «вручную».
5. Основные типовые этапы имитационного моделирования при создании модели с помощью конструкторских CASE-систем.
6. Правила и способы компьютерной реализации модели. Обзор прикладных систем имитационного моделирования.
7. Моделирование одноканальных, многоканальных и многофазных систем массового обслуживания.
8. Моделирование развивающегося экономического процесса на объекте экономики.
- 10 Моделирование региональной динамики (субъект федерации, регион, полигон).
9. Моделирование динамики денег и финансовых инструментов.
10. Моделирование сложных систем, в которых установившийся режим невозможен на всём жизненном цикле.



11. Имитационные модели-трансформеры экономических процессов, их назначение и принципы реализации.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета с использованием следующих оценочных материалов:

**Вопросы к зачету**  
**(8 семестр, очная форма обучения)**

1. Теоретические основы имитационного моделирования. Основные понятия.
2. Разновидности имитационного моделирования.
3. Типовые задачи, решаемые средствами имитационного моделирования.
4. Имитационное моделирование. Имитационная модель.
5. Классификация моделей по форме представления объектов.
6. Классификация математических моделей.
7. Блоки, используемые для фиксации результатов моделирования в GPSS.
8. Этапы имитационного моделирования.
9. Моделирование случайных событий и дискретных случайных величин.
10. Метод Монте-Карло и проверка статистических гипотез.
11. Моделирование одноканальных СМО в GPSS.
12. Моделирование многоканальных СМО в GPSS.
13. Особенности экспоненциального вероятностного распределения.
14. Моделирующий алгоритм (МА) одноканальной СМО с различными дисциплинами выбора заявок и очереди.
15. Средства автоматизированного проектирования моделей.
16. Алгоритмы выбора заявок из очереди.
17. Регрессионный анализ и управление модельным экспериментом.
18. Формализация процесса обслуживания.
19. Классификация СМО по времени ожидания в очереди. Дисциплина очереди и порядок обслуживания заявок.
20. Основы моделирования процессов.
21. Кибернетический подход к организации экспериментальных исследований сложных объектов и процессов.
22. Типы объектов в GPSS.
23. Приближенные способы получения случайных чисел, распределенных по нормальному закону, основанные на предельных теоремах теории вероятности.
25. Блоки, используемые для фиксации результатов моделирования в GPSS.
26. Понятие активного и пассивного экспериментов.
27. Формирование потока заявок и моделирование процесса обслуживания в GPSS.
28. Физический и программный способ формирования случайных чисел.
29. Статистическая проверка качества случайных чисел.
30. Определение характеристик систем массового обслуживания.

## IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Основная литература

1. Березовская, Е. А. Имитационное моделирование : учебное пособие / Е. А. Березовская ; Южный федеральный университет, Экономический факультет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. – 76 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. –  
URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499496> (дата обращения: 01.09.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2426-6. – Текст : электронный.

### 4.2. Дополнительная литература

1. Альсова, О. К. Имитационное моделирование систем в среде ExtendSim : учебное пособие : [16+] / О. К. Альсова ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 104 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. –  
URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574615> (дата обращения: 14.12.2022). – Библиогр.: с. 97. – ISBN 978-5-7782-2840-5. – Текст : электронный.
2. Салмина, Н. Ю. Имитационное моделирование : учебное пособие / Н. Ю. Салмина ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : Эль Контент, 2012. – 90 с. : табл., схем. – Режим доступа: по подписке. –  
URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208690> (дата обращения: 14.12.2022). – ISBN 978-5-4332-0067-8. – Текст : электронный.
3. Эльберг, М. С. Имитационное моделирование : учебное пособие : [16+] / М. С. Эльберг, Н. С. Цыганков. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2017. – 128 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. –  
URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497147> (дата обращения: 14.12.2022). – Библиогр.: с. 124-125. – ISBN 978-5-7638-3648-6. – Текст : электронный.

## V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="http://edu.ru/">http://edu.ru/</a>	<b>Российское образование:</b> <b>Федеральный портал. Включает</b>  ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений;	Свободный доступ

		государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	
2.	<a href="http://citforum.ru/database/osbd/contents.shtml">http://citforum.ru/database/osbd/contents.shtml</a>	Информационно-аналитические материалы	Свободный доступ

## **VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.garant.ru">www.garant.ru</a>	Информационно-правовой портал	Свободный доступ
3.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ
4.	<a href="http://www.consultant.ru">www.consultant.ru</a>	Российская компьютерная справочно-правовая система	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice;
- реляционная система управления базами данных с открытым исходным кодом – MySQL.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия, групповые и индивидуальные консультации, текущая и промежуточная аттестации проводятся в специализированных классах, оснащенных автоматизированными рабочими местами с компьютерами.

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.