

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Актуализировано:  
на заседании кафедры  
протокол № 11 от 22.06.2017 \_\_\_\_\_  
Зав. Кафедрой  Болотнов А.М.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета  
 Ефимов А.М.  
(Ф.И.О)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Имитационное моделирование

вариативная часть, дисциплина по выбору

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

09.03.03 Прикладная информатика

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

"Информационные и вычислительные технологии"

Квалификация

Бакалавр

Разработчик (составитель) Доцент кафедры информационных технологий и компьютерной математики, к.ф.-м.н., доцент (должность, ученая степень, ученое звание)
---



/ Манапова А.Р.  
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2015г.

Уфа 2017 г.

Составитель / составители: доцент кафедры информационных технологий и компьютерной математики Манапова А.Р.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры информационных технологий и компьютерной математики, протокол № 11 от «22» \_\_\_\_\_ 06\_\_\_\_\_ 2017 г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры информационных технологий и компьютерной математики, протокол № 10 от «25» \_\_\_06\_\_\_\_\_ 2018 г.

- 1) Изменен список литературы.
- 2) Дополнены задания Moodle.

  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Болотнов А.М./

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ф.И.О/

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	7
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	7
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	11
4.3. Рейтинг-план дисциплины	14
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	28
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	28
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	30
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	31
Приложение №1	32
Приложение №2	39

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать базовые понятия социально-экономических задач и процессов; методов системного анализа и математического моделирования.	ОПК-2: способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	
	2. Знать основные принципы системного подхода в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	
	3. Знать основные принципы математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	
	4. Знать основные методы и способы применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	
Умения	1. Уметь использовать методы системного анализа и математического моделирования; уметь анализировать социально-экономические задачи и процессы.	ОПК-2: способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	
	2. Уметь разрабатывать типовые алгоритмы на основе системного подхода и математических методов в формализации решения	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	

	прикладных задач.		
	3. Уметь проектировать алгоритмы решения прикладных задач на основе системного подхода и математических методов в формализации решения.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	
	4. Уметь разрабатывать алгоритмы решения типовых задач на языках высокого уровня, с использованием системного подхода и математических методов.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть опытом использования методов системного анализа и математического моделирования.	ОПК-2: способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	
	2. Владеть практическими навыками применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	
	3. Обладать опытом применения основных методов системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	
	4. Владеть методами разработки информационных систем на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к *вариативной* части Цикла Дисциплин.

Дисциплина изучается на третьем курсе в первом и втором семестрах.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин программы бакалавриата предшествующих дисциплин образовательной программы по направлению подготовки 09.09.03 «Прикладная информатика»: «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Геометрия и алгебра», «Методы численного анализа».

**Цель дисциплины** «Имитационное моделирование» состоит в том, чтобы познакомить студентов с методами математического моделирования на ЭВМ, используемыми при решении сложных задач управления производством и технологическими процессами, анализа, оптимизации, проектирования систем и процессов в экономике и отраслях народного хозяйства, познакомить с основными приемами имитационного моделирования, встраиваемыми в общую процедуру преобразования информации от структурирования и формализации составляющих предметных областей до интерпретации обработанных данных и приобретенных знаний, связанных с описанием экономических процессов; ознакомить с современными практическими подходами реализации процедуры имитационного моделирования, с этапами планирования имитационного эксперимента.

В качестве задач, определенных при изучении дисциплины являются следующие:

формализация составляющих предметной области информационных ресурсов и определенных для них экономических процессов;

выявление наиболее существенных свойств составляющих экономического процесса;

применение различных экономико-математических моделей для задач имитационного моделирования состояний экономического процесса;

изучение и применение методов имитационного моделирования, которые применяются для анализа сложных систем различного вида;

изучение специализированного языка моделирования GPSS (General Purpose Simulation System) для исследования сложных объектов, представленных как системы массового обслуживания.

При построении лекционного курса важно показать возможности имитационного моделирования к построению имитационных моделей сложных систем, а также к решению конкретных прикладных задач, для решения которых аналитические методы исследования являются неэффективными.

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

*ОПК-2: способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования.*

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	<b>Знать:</b> базовые понятия социально-экономических задач и процессов; методов системного анализа и математического моделирования.	Отсутствие знаний или фрагментарные представления о методах системного анализа и математического моделирования.	Неполные представления о методах системного анализа и математического моделирования.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о методах системного анализа и математического моделирования.	Сформированные систематические представления о методах системного анализа и математического моделирования.

<p>Второй этап (уровень)</p>	<p><b>Уметь:</b> использовать методы системного анализа и математического моделирования; уметь анализировать социально-экономические задачи и процессы.</p>	<p>Отсутствие умений или фрагментарные умения в применении методов системного анализа и математического моделирования; анализировать социально-экономические задачи и процессы.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое использование на практике методов системного анализа и математического моделирования; анализирование социально-экономические задачи и процессы.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в использовании на практике методов системного анализа и математического моделирования; анализировании социально-экономических задач и процессов.</p>	<p>Сформированное умение использовать на практике методы системного анализа и математического моделирования; уметь анализировать социально-экономические задачи и процессы.</p>
<p>Третий этап (уровень)</p>	<p><b>Владеть:</b> опытом использования методов системного анализа и математического моделирования.</p>	<p>Отсутствие опыта использования методов системного анализа и математического моделирования.</p>	<p>Малое владение опытом использования методов системного анализа и математического моделирования.</p>	<p>Наличие некоторого опыта использования методов системного анализа и математического моделирования.</p>	<p>Наличие опыта использования методов системного анализа и математического моделирования.</p>

**ПК-23 — способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач.**

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	<b>Знать:</b> основные принципы системного подхода в формализации решения прикладных задач; основные принципы математических методов в формализации решения прикладных задач; основные методы и способы применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных принципах системного подхода в формализации решения прикладных задач; основных принципах математических методов в формализации решения прикладных задач; основных методах и способах применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	Неполные представления об основных принципах системного подхода в формализации решения прикладных задач; основных принципах математических методов в формализации решения прикладных задач; основных методах и способах применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных принципах системного подхода в формализации решения прикладных задач; основных принципах математических методов в формализации решения прикладных задач; основных методах и способах применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	Сформированные систематические представления об основных принципах системного подхода в формализации решения прикладных задач; основных принципах математических методов в формализации решения прикладных задач; основных методах и способах применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.

<p>Второй этап (уровень)</p>	<p><b>Уметь:</b> разрабатывать типовые алгоритмы на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач; проектировать алгоритмы решения прикладных задач на основе системного подхода и математических методов в формализации решения; разрабатывать алгоритмы решения типовых задач на языках высокого уровня, с использованием системного подхода и математических методов.</p>	<p>Отсутствие умений или фрагментарные умения разрабатывать типовые алгоритмы на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач; проектировании алгоритмов решения прикладных задач на основе системного подхода и математических методов в формализации решения; разработке алгоритмов решения типовых задач на языках высокого уровня, с использованием системного подхода и математических методов.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое использование умения разрабатывать типовые алгоритмы на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач; проектировать алгоритмы решения прикладных задач на основе системного подхода и математических методов в формализации решения; разрабатывать алгоритмы решения типовых задач на языках высокого уровня, с использованием системного подхода и математических методов.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использования умения разрабатывать типовые алгоритмы на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач; проектировать алгоритмы решения прикладных задач на основе системного подхода и математических методов в формализации решения; разрабатывать алгоритмы решения типовых задач на языках высокого уровня, с использованием системного подхода и математических методов.</p>	<p>Сформированное умение разрабатывать типовые алгоритмы на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач; проектировать алгоритмы решения прикладных задач на основе системного подхода и математических методов в формализации решения; разрабатывать алгоритмы решения типовых задач на языках высокого уровня, с использованием системного подхода и математических методов.</p>
------------------------------	---	--	--	--	---

Третий этап (уровень)	<b>Владеть</b> методами разработки информационных систем на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач. Обладать опытом применения основных методов системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	Отсутствие владения или фрагментарное владение методами разработки информационных систем на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач. Отсутствие опыта применения основных методов системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	В целом успешное, но не систематическое применение методов разработки информационных систем на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач; наличие небольшого опыта применения основных методов системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов разработки информационных систем на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач; наличие небольшого опыта применения основных методов системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	Успешное и систематическое применение методов разработки информационных систем на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач; наличие опыта применения основных методов системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.
--------------------------	--	---	--	--	--

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Шкалы оценивания:

Экзамены:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- хорошо – от 60 до 79 баллов,
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов,
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.**  
**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап  Знания	1. Знать базовые понятия социально-экономических задач и процессов; методов системного анализа и математического моделирования.	ОПК-2: способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	<i>Индивидуальный, групповой опрос; контрольные работы; компьютерные тесты; экзамен</i>
	2. Знать основные принципы системного подхода в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>устный опрос; контрольные работы; доклад; экзамен</i>
	3. Знать основные принципы математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>устный опрос; контрольные работы; доклад; экзамен</i>
	4. Знать основные методы и способы применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>лабораторные работы; экзамен</i>

2-й этап Умения	1. Уметь использовать методы системного анализа и математического моделирования; уметь анализировать социально-экономические задачи и процессы.	ОПК-2: способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	<i>групповой опрос; контрольные работы; компьютерные тесты; экзамен</i>
	2. Уметь разрабатывать типовые алгоритмы на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>лабораторные работы; экзамен</i>
	3. Уметь проектировать алгоритмы решения прикладных задач на основе системного подхода и математических методов в формализации решения.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>лабораторные работы; экзамен</i>
	4. Уметь разрабатывать алгоритмы решения типовых задач на языках высокого уровня, с использованием системного подхода и математических методов.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>лабораторные работы; контрольные работы; экзамен</i>
3-й этап Владеть навыками	1. Владеть опытом использования методов системного анализа и математического моделирования.	ОПК-2: способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования	<i>контрольные работы; лабораторные работы; экзамен</i>

	2. Владеть практическими навыками применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>контрольные работы; лабораторные работы; экзамен</i>
	3. Обладать опытом применения основных методов системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>лабораторные работы; экзамен</i>
	4. Владеть методами разработки информационных систем на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.	ПК-23: способностью применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	<i>лабораторные работы; экзамен</i>

### 4.3. Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета: состоит из двух вопросов. Первый – теоретического характера. Второй – задача.

Примерные вопросы для экзамена:

1. Понятие случайной величины. Виды, примеры случайных величин. Понятие и способы задания закона распределения случайной величины. Понятие и свойства плотности распределения вероятностей.
2. Математическое ожидание (дисперсия; второй начальный момент; среднеквадратическое отклонение; коэффициент вариации, функция распределения, плотность распределения) случайной величины: что характеризуют и какую имеют размерность?
3. Производящая функция и преобразование Лапласа. Для каких случайных величин используется преобразование Лапласа?
4. Типовые распределения случайных величин. Распределение Пуассона. Геометрическое распределение.
5. Типовые распределения случайных величин. Равномерный закон распределения. Экспоненциальный закон распределения. Распределение Эрланга. Нормированное распределение Эрланга.
6. Система и сеть массового обслуживания. Основные понятия.
7. Поток заявок. Основные характеристики, классификация, свойства. Длительность обслуживания заявок. Основные характеристики. Стратегии управления потоками заявок. Классификация.
8. Классификация систем массового обслуживания. Классификация сетевых моделей. Понятие коэффициента передачи.
9. Параметры СМО. Режимы функционирования СМО. Характеристики СМО с однородным потоком заявок.
10. Характеристики СМО с неоднородным потоком заявок: по каждому классу заявок, объединённого (суммарного) потока заявок.
11. Параметры СеМО. Режимы функционирования СеМО.
12. Узловые характеристики СеМО. Сетевые характеристики СеМО.
13. Одноканальные СМО с однородным потоком заявок. Основные предположения. Характеристики экспоненциальной СМО  $M/M/1$ . Характеристики неэкспоненциальной СМО  $M/G/1$ , СМО  $G/M/1$  и СМО общего вида  $G/G/1$ .
14. Одноканальные СМО с однородным потоком заявок, свойства.
15. Многоканальные СМО с однородным потоком заявок, свойства многоканальной СМО.

16. Одноканальные СМО с неоднородным потоком заявок. Характеристики и свойства ДО БП, ДО ОП и ДО АП.
17. Законы сохранения. Закон сохранения времени ожидания. Модификация закона сохранения. Закон сохранения суммарной длины очереди заявок.
18. Разомкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок, описание.
19. Расчет характеристик функционирования линейных разомкнутых однородных экспоненциальных СеМО. Расчет коэффициентов передач и интенсивностей потоков заявок в узлах РСемо. Проверка условия отсутствия перегрузок в СеМО.
20. Расчет характеристик функционирования линейных разомкнутых однородных экспоненциальных СеМО. Расчет узловых характеристик РСемо. Расчет сетевых характеристик РСемо. Свойства разомкнутых СеМО. Способы разгрузки «узкого места».
21. Замкнутые экспоненциальные СеМО с однородным потоком заявок. Расчет коэффициентов передач в узлах ЗСеМО. Расчет характеристик ЗСеМО. Свойства замкнутых СеМО. Способы разгрузки «узкого места».
22. Понятие случайного процесса. Случайные процессы с дискретными состояниями. Понятие марковского случайного процесса. Параметры и характеристики.
23. Методы расчета марковских моделей. Эргодическое свойство случайных процессов. Марковские процессы с дискретным временем. Марковские процессы с непрерывным временем.
24. Марковские модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО без накопителя (М/М/1/0). Размеченный граф переходов случайного процесса. Матрица интенсивностей переходов. Система уравнений. Расчет характеристик СМО. Анализ свойств системы.
25. Марковские модели систем массового обслуживания Многоканальная СМО без накопителя (М/М/Н/0). Описание системы. Предположения и допущения. Кодирование состояний случайного процесса. Размеченный граф переходов случайного процесса. Матрица интенсивностей переходов. Система уравнений. Расчет характеристик СМО. Анализ свойств системы.
26. Марковские модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с накопителем ограниченной емкости (М/М/1/г). Описание системы. Предположения и допущения. Кодирование состояний случайного процесса. Размеченный граф переходов случайного процесса. Система уравнений. Расчет характеристик СМО.
27. Марковские модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с накопителем неограниченной емкости (М/М/1). Описание системы. Предположения и допущения. Кодирование состояний случайного процесса. Размеченный граф переходов случайного процесса. Система уравнений. Расчет характеристик СМО.
28. Марковские модели систем массового обслуживания. Многоканальная СМО накопителем ограниченной ёмкости (М/М/2/1). Описание системы. Предположения и допущения. Кодирование состояний случайного процесса. Размеченный граф переходов случайного процесса. Расчет характеристик СМО.
29. Марковские модели систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с неоднородным потоком заявок и относительными приоритетами. Описание системы. Предположения и допущения. Кодирование состояний случайного процесса. Размеченный граф переходов случайного процесса. Расчет характеристик СМО.

30. Марковские модели сетей массового обслуживания. Разомкнутая экспоненциальная СеМО с накопителями ограниченной емкости. Замкнутая экспоненциальная СеМО.
31. Методы формирования случайных чисел. Формирование равномерно распределённых случайных величин. Проверка генераторов равномерно распределенных псевдослучайных чисел.
32. Состав системы имитационного моделирования GPSS World. Элементы языка GPSS World.
33. Объекты GPSS-модели. Состав и структура GPSS-модели.
34. Запуск процесса моделирования. Транзакты. Модельное время. Списки. Завершение моделирования.
35. Системные числовые атрибуты. Встроенные вероятностные распределения.
36. Операторы блоков GPSS World. Команды GPSS World.

Образец экзаменационного билета:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КОМПЬЮТЕРНОЙ  
МАТЕМАТИКИ**

**Экзаменационный билет №1  
по курсу «Имитационное моделирование»  
(2018-2019 у.г.)**

1. Понятие и способы задания закона распределения случайной величины.
2. Известны вероятности состояний трехузловой замкнутой СеМО:  $P(0,0,2)=0,1$ ;  $P(0,1,1)=0,3$ ;  $P(0,2,0)=0,4$ ;  $P(1,0,1)=0,05$ ;  $P(1,1,0)=0,05$ ;  $P(2,0,0)=0,1$ . Определить производительность СеМО, если известно, что коэффициент передачи первого узла (четырёхканального) равен 2, а средняя длительность обслуживания заявок в этом узле равна 0,1 с.

Преподаватель Манапова А.Р. / \_\_\_\_\_ /

И.о. зав. кафедрой Болотнов А.М. / \_\_\_\_\_ /

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей,

терминологии, основных элементов. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы.

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности.

- **10-16** баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.

- **1-10** баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### ***Образцы лабораторных работ:***

#### **Лабораторная работа № 1**

#### **«Основные операторы и команды СИМ GPSS World»**

**Задача 1.** Для заданной GPSS-модели:

1) нарисовать и подробно описать модель исследуемой системы с указанием всех структурно-функциональных и нагрузочных параметров, таких как:

- количество узлов и обслуживающих приборов в узлах;
- ёмкости накопителей;
- вероятности передачи заявок между узлами и занятия приборов в узлах;
- временные интервалы и законы их распределения для входящих потоков заявок и длительностей обслуживания заявок в приборах;

2) пояснить, когда (по какому условию) завершится моделирование;

3) определить, не перегружена ли система (с необходимыми обоснованиями, расчетами и пояснениями); если система перегружена, то путем минимальных изменений в модели необходимо избавиться от перегрузки;

4) рассчитать среднее число заявок, которые пройдут через систему за время моделирования.

#### **GPSS-модель 1:**

GENERATE 20,10

SEIZE DIC

ADVANCE 10.5

RELEASE DIC

TERMINATE

GENERATE 100000

TERMINATE 1

START 10

#### **Критерии оценки (в баллах):**

За отчёт по лабораторной работе №1

- 7 баллов выставляется студенту, если практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок; Студент без затруднений выполнил все дополнительные задания;
- 5 баллов выставляется студенту, если практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок, а при выполнении дополнительных заданий допущены небольшие неточности;
- 3 балла выставляется студенту, если при выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки; или выполнено только основное задание, но без ошибок и неточностей.

## **Лабораторная работа № 2**

### *Исследование работы системы массового обслуживания средствами имитационного моделирования*

*Цель работы:* анализ результатов имитационного моделирования в СМО.

#### **Методические рекомендации к лабораторной работе**

Изучите основы дискретно-событийного моделирования СМО. Проведите моделирование одноканальных и многоканальных СМО. Основные характеристики работы одноканальной и многоканальной СМО. Проведите моделирование непрерывных случайных величин (п. 1.5). Проведите моделирование экспоненциального и нормального распределения случайной величины. Проведите моделирование вероятностных функций распределения в GPSS/W. Определите функции в GPSS/W. Используйте функцию в блоках GENERATE и ADVANCE. Проверьте моделирование одноканальных и мно-гоканальных устройств средствами языка GPSS/W. Блоки SEIZE и RELEASE, ENTER и LEAVE. Параметры транзакта. Измените значения параметров – блок ASSIGN. Ознакомьтесь с работой оператора GPSS/W TRANSFER. Выберите необходимый режим работы оператора TRANSFER для построения вашей модели. Соберите данные статистики об ожидании – блоки QUEUE и DEPART. Осуществите сбор стандартной статистики по приборам (одноканальным устройствам), очередям и многоканальным устройствам.

#### **Варианты индивидуальных заданий**

1. Небольшой продовольственный магазин состоит из 3-х прилавков и одной кассы на выходе из магазина. Покупатели приходят в магазин, входной поток имеет пуассоновский характер, причём среднее значение интервала прихода составляет  $a$  секунд. Войдя в магазин, каждый покупатель берет корзинку и может обойти один или несколько прилавков, отбирая продукты. Вероятность обхода конкретного прилавка  $b$ . Время, требуемое для обхода прилавка  $c$ , и число покупок, выбранных у прилавка  $d$ . После того как товар отобран, покупатель становится в конец очереди к кассе. Уже стоя в очереди, покупатель может захотеть сделать еще  $e$  покупки. Время обслуживания покупателя в кассе пропорционально числу сделанных покупок, на одну покупку уходит  $f$  секунды проверки. После оплаты продуктов покупатель оставляет корзинку и уходит.

Постройте модель, описывающую процесс покупок в продовольственном магазине. Проведите моделирование 8-часового рабочего дня и определите нагрузку кассира и максимальную длину очереди перед кассой. Зная, что число корзинок не ограничено, определите максимальное число корзинок, находящихся у покупателей одновременно. Варианты заданий приведены в таблице:

№ варианта	a	b	c	d	e	f
1	75	0,75	12±60	3±1	2±1	3
2	78	0,80	12±40	4±2	3±1	4
3	80	0,85	13±50	3±2	2±1	5
4	85	0,70	145±45	4±1	3±1	3
5	70	0,77	125±35	5±2	2±1	4
6	75	0,85	120±40	4±1	2±1	5
7	78	0,70	130±50	5±2	3±1	3
8	80	0,77	125±35	3±1	2±1	4
9	85	0,75	120±60	4±2	3±1	5
10	70	0,80	145±45	3±2	2±1	3

2. Информационный центр располагает 3 стеллажами с различной литературой (книгами, брошюрами, документацией и т.д.). Приход посетителей имеет экспоненциальный характер с интервалом  $a$  минут. Каждый посетитель может обойти один или несколько стеллажей, отбирая необходимую ему литературу. Вероятность обхода конкретного стеллажа  $b$ , время, требуемое для его обхода  $c$ , число отобранной литературы у данного стеллажа  $d$ . На выходе происходит регистрация выбранной посетителем литературы. Она пропорциональна числу выбранной литературы и составляет  $e$  сек. на 1 книгу. При ожидании своей очереди регистрации любой посетитель может подобрать еще  $f$  интересующих его брошюр. Время обхода стеллажей и количество отобранной литературы подчинены равномерному закону распределения. Постройте модель, описывающую данный процесс при 6-часовом режиме работы и определите максимальную длину очереди для регистрации, нагрузку регистратора и максимальное количество посетителей, находящихся в информационном центре одновременно.

№ варианта	a	b	c	d	e	f
1	60	0,65	125±60	4±1	10	2±1
2	65	0,60	130±40	3±2	15	3±1
3	70	0,70	140±40	4±2	20	2±1
4	80	0,75	155±35	3±1	25	3±1
5	90	0,80	135±35	5±2	30	2±1
6	70	0,60	125±60	4±1	10	3±1
7	80	0,70	130±40	3±2	15	2±1
8	90	0,75	140±40	3±1	20	3±1
9	60	0,80	155±35	5±2	25	2±1



За отчёт по лабораторной работе №3

- 15 баллов выставляется студенту, если нет замечаний;
- 10 баллов выставляется студенту, если имеются несущественные замечания;
- 5 баллов выставляется студенту, если в целом получены верные результаты, но имеются существенные замечания.

### Задания для контрольной работы

Описание контрольной работы:

Контрольная работа является оценочным средством для некоторых этапов освоения компетенций.

#### Типовые варианты контрольных работ:

##### Вариант № (к/р № 1)

1. Дискретная случайная величина  $X$  задана законом распределения вероятностей:

$X$	4	5	6	7	8
$P$	0,10	0,35	$a$	0,10	$b$

Тогда значения  $a$  и  $b$  могут быть равны ...

- А)  $a = 0,20, b = 0,25$
- Б)  $a = 0,30, b = 0,25$
- С)  $a = 0,10, b = 0,15$
- Д)  $a = 0,45, b = 0,10$

2. Непрерывная случайная величина  $X$  задана плотностью распределения вероятностей:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{2x}{49} & \text{при } 0 < x \leq 7, \\ 0 & \text{при } x > 7. \end{cases}$$

Тогда ее дисперсия равна ...

- А)  $\frac{49}{18}$
- Б)  $\frac{833}{18}$
- С)  $\frac{119}{6}$
- Д)  $\frac{196}{9}$

3. Непрерывная случайная величина  $X$  задана функцией распределения вероятностей:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0, \\ \frac{x^2}{36} & \text{при } 0 < x \leq 6, \\ 1 & \text{при } x > 6. \end{cases}$$

Тогда вероятность  $P(4 < X < 7)$  равна ...

- А)  $\frac{5}{9}$
- Б)  $\frac{11}{12}$
- С)  $\frac{4}{9}$
- Д)  $\frac{1}{2}$

Описание методики оценивания:

**Критерии оценки:**

- **6 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **5 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **3 балла** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

**Вариант № (к/р № 2)**

1. Понятие интенсивности потока и ее размерность. Что характеризует величина обратная интенсивности?
2. Что такое "производительность замкнутой СеМО"?
3. Интенсивности поступления и обслуживания заявок в СМО соответственно равны 4 и 5 заявок в секунду. Определить среднее время пребывания заявок в системе, если известно, что средняя длина очереди равна 6.
4. В одноканальную систему обслуживания поступают заявки двух классов с интенсивностями 0,5 и 2 заявки в секунду. Интенсивности их обслуживания соответственно равны 5 и 1,25 заявок в секунду. Чему будет равно время пребывания заявок 2-го класса, если интенсивность их поступления увеличится в два раза? Чему будет равно время пребывания заявок 2-го класса, если при тех же условиях интенсивность их обслуживания увеличится в два раза?
5. Дать физическое толкование значения коэффициента передачи узла СеМО, равное: а) 4; б) 0,4.
6. В разомкнутую СеМО поступают заявки с интервалом 5 секунд. Время пребывания заявок в сети равно 15 секунд. Определить среднее число заявок в сети и интенсивность выходящего из сети потока заявок.
7. Известны вероятности состояний двухузловой замкнутой СеМО:  $P(0,4)=0,1$ ;  $P(1,3)=0,4$ ;  $P(2,2)=0,2$ ;  $P(3,1)=0,1$ ;  $P(4,0)=0,2$ , где состояние  $(i_1, i_2)$  задает число заявок в одноканальном узле 1 и трехканальном узле соответственно. Определить среднее число заявок в СеМО, находящихся в состоянии ожидания.

Описание методики оценивания:

**Критерии оценки:**

- **7 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных

*возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;*

*- **5 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;*

*- **3 балла** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;*

### **Примеры заданий в составе контрольной работы № 3:**

1. На автозаправочной станции (АЗС) имеется две колонки: одна для заправки легковых автомобилей бензином и другая для заправки грузовых автомобилей дизельным топливом. На станцию прибывают автомобили со средним интервалом между моментами прибытия  $T_0$  минут, причём легковые автомобили прибывают в 4 раза чаще, чем грузовые. Время заправки легковых автомобилей в среднем составляет  $X$  минут, а грузовых – в два раза больше. Перед АЗС имеется площадка для ожидания прибывающих автомобилей, на которой могут разместиться один грузовой или два легковых автомобиля. Если площадка занята, то автомобили покидают АЗС не заправившись. 1) Сформулировать предположения и допущения, при которых процесс функционирования бензозаправочной станции можно рассматривать как марковский. 2) Нарисовать и подробно описать модель в терминах теории массового обслуживания. 3) Выполнить кодирование и нарисовать размеченный граф переходов марковского процесса. 4) Сформулировать требования, при которых марковский процесс будет обладать эргодическим свойством.

2. В мужской парикмахерской работает один мастер. Средний интервал между моментами прихода клиентов составляет  $X$  минут. Каждый клиент просит сначала побрить, а затем постричь. Мастер тратит на каждую из этих операций случайное время со средним значением  $Y$  минут.

В парикмахерской имеется одно кресло для ожидания. Если кресло занято, то очередной пришедший клиент уходит из парикмахерской не обслуженным. 1) Сформулировать предположения и допущения, при которых процесс функционирования парикмахерской можно рассматривать как марковский.

2) Нарисовать и подробно описать модель в терминах теории массового обслуживания.

3) Выполнить кодирование марковского процесса.

4) Нарисовать размеченный граф переходов марковского процесса.

5) Выписать систему уравнений для определения вероятностей состояний.

6) Сформулировать требования, при которых марковский процесс обладает эргодическим свойством.

3. Задан фрагмент GPSS-модели:

```
GENERATE 20, 10
SEIZE DIC
ADVANCE 10.5
RELEASE DIC
TERMINATE
GENERATE 100000
TERMINATE 1
START 10
```

- А) Нарисовать и подробно описать модель исследуемой системы (с указанием всех параметров).
- Б) Пояснить, когда (по какому условию) завершится моделирование.
- В) Определить, существует ли стационарный режим в системе (с необходимыми обоснованиями, расчетами и пояснениями).
- Г) Рассчитать среднее число заявок, которые пройдут через систему за время моделирования.

4. Задан фрагмент GPSS-модели:

*(начало модели)*

```
Met_kom STORAGE 5
GENERATE 4.3,1.3
Div_1 ENTER Met_kom
ADVANCE 0.5
LEAVE Met_kom
TRANSFER 750, ,Div _2
TERMINATE
```

*(продолжение модели)*

```
Div_2 SEIZE 1
ADVANCE (Exponential(12,0,4))
RELEASE 1
TRANSFER ,Div _1
GENERATE 100000
TERMINATE 2
START 10
```

- А) Нарисовать и подробно описать модель исследуемой системы с указанием всех параметров.
- Б) Пояснить, когда (по какому условию) завершится моделирование.
- В) Определить, существует ли стационарный режим в системе (с необходимыми обоснованиями, расчетами и пояснениями).
- Г) Рассчитать среднее число заявок, которые пройдут через систему за время моделирования.

Описание методики оценивания:

***Критерии оценки:***

- 7 баллов выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- 5 баллов выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на

дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **3 балла** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

## Комплект тестов

Тестирование осуществляется в Системе централизованного тестирования БашГУ <http://moodle.bashedu.ru/>. Цель тестирования – проверить приобретенные знания, умения и навыки, приобретенные в ходе изучения дисциплины. Студенту предлагаются десять вопросов с вариантами ответов, сгенерированные случайным образом.

### Критерии оценки (в баллах):

- 10 баллов выставляется студенту, если выполнены 10 заданий;
- 9 баллов выставляется студенту, если выполнено 9 заданий;
- .....
- 1 балл выставляется студенту, если выполнено 1 задание.

## Темы эссе (рефератов, докладов, сообщений) по дисциплине *Имитационное моделирование* (наименование дисциплины)

### Темы рефератов:

1. Место имитационного моделирования в составе экономико-математических методов.
2. Мысленные и машинные модели социально-экономических систем.
3. Социально-экономические процессы как объекты моделирования.
4. Структура и классификация имитационных моделей.
5. Основные этапы процесса имитации.
6. Определение системы, постановка задачи, формулирование модели и оценка ее адекватности.
7. Экспериментирование с использованием ИМ, механизм регламентации, интерпретация и реализация результатов.
8. Организационные аспекты имитационного моделирования.
9. Основные компоненты динамической мировой модели Форрестера.
10. Концепция «петля обратной связи».
11. Структура модели мировой системы.
12. Каноническая модель предприятия.
13. Моделирование затрат предприятия.
14. Моделирование налогообложения.

15. Использование имитационного моделирования для планирования.
16. Содержание процессов стратегического и тактического планирования.
17. Основные модули системы поддержки принятия решений.
18. Сущность статистического ИМ.
19. Метод Монте-Карло.
20. Идентификация закона распределения.
21. Классификация систем МО.
22. Сущность метода экспериментальной оптимизации.
23. Формирование концептуальной модели.
24. Принципы выбора критерия оптимальности, разработка алгоритма оптимизации.
25. Эвристические алгоритмы поиска решений.
26. Управленческие имитационные игры, их природа и сущность.
27. Структура и порядок разработки управленческих имитационных игр.

#### **Примерные критерии оценки:**

- *6 баллов* выставляется студенту, если раскрыта суть рассматриваемого аспекта и причина его рассмотрения; описание существующих для данного аспекта проблем и предлагаемые пути их решения; доклад имеет презентацию; соблюден регламент при представлении доклада; представление, а не чтение материала; использованы нормативные, монографические и периодические источники литературы; четкость дикции; правильность и своевременность ответов на вопросы; оформление доклада в соответствии с требованиями сдачи его преподавателю;

- *5 баллов* выставляется студенту, если не выполнено любое из вышеуказанных условий;

- *3 балла* выставляется студенту, если не выполнены любые три из вышеуказанных условий.

#### **Курсовая работа (проект) "Имитационное моделирование ... "**

Курсовая работа является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций. Тема выбирается студентом самостоятельно, утверждается на заседании кафедры.

Тематика может быть выбрана как для проектов в ИТ-сфере, связанных с научно-исследовательской работой в рамках курсовых работ по другим дисциплинам направления, так и для практических проектов, связанных с социальной сферой интересов обучающегося, включая социально-культурные, бизнес проекты и стартапы.

Работа представляет собой выполнение индивидуального творческого задания, с обязательным написанием программного продукта (с использованием ИТ), оформлением в печатном виде и её защитой перед группой.

***Критерии оценки при защите курсовой работы***

Оценка	Описание
5 «отлично»	выставляется студенту, если студент дал полное, развернутое описание всех теоретических аспектов темы и указанных этапов разработки, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при формировании и выполнении практической части темы. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;
4 «хорошо»	выставляется студенту, если студент дал полное, развернутое описание всех аспектов темы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности.
3 «удовлетворительно»	выставляется студенту, если студент дал полное, развернутое описание всех теоретических и практических аспектов темы, однако допущены несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота курсовой работы страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения сайта. Практическая часть отсутствует или при в ней допущены грубые ошибки
2 «неудовлетворительно»	выставляется студенту, если курсовая работа свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.
«не допущен»	Курсовая работа не выполнена

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Рыжиков, Ю.И. Имитационное моделирование. Авторская имитация систем и сетей с очередями [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.И. Рыжиков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 112 с. — Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/113404>.

#### Дополнительная литература:

2. Кудрявцев Е.М. GPSSWorld. Основы имитационного моделирования различных систем. Учебное пособие [Электронный ресурс] — М.: ДМК Пресс, 2008. - 317 с.

Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему "Издательство «Лань»".— ISBN: 5-94074-219-X—

[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=1213](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=1213).

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ»	Собственная электронная библиотека учебных и научных изданий, которая включает преподавателей БашГУ	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="https://elib.bashedu.ru/">https://elib.bashedu.ru/</a>
2	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	Полнотекстовая БД учебных и научных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>
3	Электронно-библиотечная	Полнотекстовая БД учебных и науч-	Авторизованный	Регистрация из сети	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>

	система издательства «Лань»	ных электронных изданий	доступ по паролю из любой точки сети Интернет	БашГУ, дальнейший доступ из любой точ- ки сети Интернет	
4	Универсальная Базы данных EastView	Доступ к электронным научным журналам	Доступ из любой точки сети Интернет	Доступ из любой точки сети Интернет	<a href="https://dlib.eastview.com/browse">https://dlib.eastview.com/browse</a>
5	Научная электронная библиотека - elibrary.ru	Доступ к электронным научным журналам	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точ- ки сети Интернет	<a href="https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp">https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp</a>
6	Электронная библиотека диссертаций РГБ	Доступ для чтения электронных версий диссертаций	Авторизованный доступ по паролю из сети БашГУ	Регистрация из сети БашГУ, доступ из сети БашГУ	<a href="http://diss.rsl.ru/">http://diss.rsl.ru/</a>

**В. Программное обеспечение, необходимое для освоения дисциплины**

1.Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.

2.Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<p align="center"><i>Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы</i></p>	<p align="center"><i>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</i></p>	<p align="center"><i>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</i></p>
<p><b>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 501 (физмат корпус- учебное).</p> <p><b>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 526 (физмат корпус- учебное), аудитория № 527 (физмат корпус- учебное), аудитория № 526 (физмат корпус- учебное), аудитория № 527 (физмат корпус- учебное).</p> <p><b>3. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ):</b> аудитория № 524 (физмат корпус- учебное), аудитория № 520а (физмат корпус- учебное), № 521 (физмат корпус- учебное), аудитория № 522 (физмат корпус- учебное).</p> <p><b>4. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 526 (физмат корпус- учебное), аудитория № 527 (физмат корпус- учебное), аудитория № 526 (физмат корпус- учебное), аудитория № 527 (физмат корпус- учебное), аудитория № 501 (физмат корпус- учебное).</p> <p><b>5. Учебная аудитория для текущего</b></p>	<p align="center"><b>Аудитория № 501</b> Учебная мебель, доска настенная меловая, персональный комп. и системный блок /Corei5-4460(3.2)/CIGABAУTEGV-N710D3-1GL/4Gb, Презентер LogitechWirelessPresenterR400 (210134000003592), проектор SonyVPL-DX270, экран ручной ViewScreenLotus 244x183 WLO-4304.</p> <p align="center"><b>Аудитория №526</b> Учебная мебель, доска настенная меловая.</p> <p align="center"><b>Аудитория №527</b> Учебная мебель, доска настенная меловая.</p> <p align="center"><b>Читальный зал №2</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 8 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p> <p align="center"><b>Аудитория №520а</b> Учебная мебель, доска, монитор LG 19 L1942S SF 1280 x 1024,5ms,8000:1,black (3,4 кг,VGA,19"(48,3см)5mc, мониторы LG 19" L1942SBF 1280x1024,5ms,8000:1,black 10 шт., системный блок HPPavilionSlimlineS3500FAMDathlon64 X2 5400+/2.8GHz,4Gb,500Gb 12шт.,доска аудитор. ДА36.</p> <p align="center"><b>Аудитория № 521</b> Учебная мебель, доска, коммутатор HPV1905-24 Switch 24*10/100+2*10/100/1000, персональные компьютеры в комплекте DEPONeos 460MDi5</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. MicrosoftOfficeStandard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11. 2014 г. Лицензиибессрочные.</p> <p>3.Архиватор 7-Zip. (лицензия LGPL, свободное программное обеспечение).</p> <p>4. Lazarus (лицензияGNUGPL, свободноепрограммноеобеспечение).</p> <p>5. AnyLogicPLE (ЛицензияPersonalLearning Edition, свободноепрограммноеобеспечение)</p> <p>6. GPSSWorldStudentVersion (свободноепрограммноеобеспечение).</p>

<p><b>контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 526 (физмат корпус- учебное), аудитория № 527 (физмат корпус- учебное), аудитория № 526 (физмат корпус- учебное), аудитория № 527 (физмат корпус- учебное), аудитория № 501 (физмат корпус- учебное).</p> <p><b>6. Помещения для самостоятельной работы:</b> читальный зал №2 (физмат корпус- учебное).</p> <p><b>7. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b> аудитория № 522 (физмат корпус- учебное).</p>	<p>2300/4GDDR1333/T500G/DVDW – 12 шт., проектор OptomaEX542i.DLP3D.XGA(1024*768).2700 ANSILm.3000 1.Lamp5000+/-40 ver, шкаф TLKTWP-065442-G-GY, экран на штативе DraperDiplomat (1:1) 84/84* 213*213 MW, доска аудитор. ДА36.</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория №522</b></p> <p>Учебная мебель, доска, персональный компьютер LenovoThinkCentreA70zIntelPentiumE 5800, 320 Gb, 19" – 13 шт., кондиционер LessarLS/LU-H24KB2.</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 524</b></p> <p>Учебная мебель, доска настенная меловая, коммутатор HP V1905-24 Switch 24*10/100+2*10/100/1000, персональный компьютер в комплекте HP AiO 20"CQ 100 eu – 27 шт., экран ScreeMediaGolgview 274*206 NW 4:3, универсальное потолочное крепление ScreeMedia для проектора, регулировка высоты , шкаф TLKTWP-065442-G-GY, патч-корд (1296), доска аудитор. ДА32.</p> <p style="text-align: center;"><b>Читальный зал №2</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 8 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p>	
--	--	--

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	103.2
лекций	34
практических/ семинарских	
лабораторных	66
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	3.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	42
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	34.8

Формы контроля:

Экзамен бсеместр

контрольная работа 6 семестр

*В том числе:*

*курсовая работа /курсовой проект 6 семестр, контактных часов – 2, часов на самостоятельную работу – 6.*

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительна я литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятель ной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5-й семестр	18		18	36			
1.	Введение в системный анализ.	2			2	1-2		
1.1	Краткий экскурс в системный анализ. Понятие компьютерного моделирования.	1						
1.2	Сущность метода имитационного моделирования.	1			2			
2	Технологические этапы создания и использования имитационных моделей. Базовые концепции структуризации и формализации имитационных систем	4		4	4	1-2	Подготовка к контрольной работе	
2.1	Технологические этапы создания и использования имитационных моделей.	2		2	2	1-2		
2.2	Базовые концепции структуризации и	2		2	2	1-2		

	формализации имитационных систем.							
3	Инструментальные средства автоматизации моделирования.	2		4	4	1-2		
4	Испытание и исследование свойств имитационной модели.	2		2	4	1-2		
5	Технология постановки и проведения направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели.	4		4	20	1-2	Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа
5.1	Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели и его содержание.	1		2	5	1-2		
5.2	Факторный анализ, полный и дробный факторный эксперимент и математическая модель.	1			5			
5.3	Методология анализа поверхности отклика. Техника расчета крутого восхождения.	2		2	10			
6	Модели систем массового обслуживания.	2		4	2		Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа
	6- й семестр	16		48	6			
1.	Понятие случайного процесса. Параметры и характеристики Марковского случайного процесса	2		4		1-2		

1.1	Случайные процессы с дискретными состояниями. Понятие марковского случайного процесса.	1		2		1-2		
1.2	Параметры марковского случайного процесса. Характеристики марковского случайного процесса.	1		2		1-2		
2.	Методы расчета марковских моделей. Марковские модели систем массового обслуживания	2		4		1-2	Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа
2.1	Эргодическое свойство случайных процессов. Марковские процессы с дискретным временем. Марковские процессы с непрерывным временем.	1		2		1-2		
2.2	Одноканальные и многоканальные системы массового обслуживания.	1		2		1-2		
3	Марковские модели сетей массового обслуживания.	3		2		1-2		
4	Основы имитационного моделирования. Методы формирования случайных чисел.	2		4				Доклад
4.1	Понятие имитационного моделирования. Принципы организации имитационного моделирования.	1		2				
4.2	Методы формирования случайных чисел.	1		2				
5	Введение в систему имитационного	1		2		1-2		

	моделирования GPSS World. Процесс моделирования в среде GPSS World.							
6	Операторы блоков GPSS World.			1				
7	Команды GPSS World.			1		1-2		
8	GPSS-модели массового обслуживания.	2		20		1-2	Подготовка к лабораторной работе	Отчет по лабораторной работе
8.1	Модель 1: одноканальная СМО с детерминированным потоком заявок и равномерно распределенной длительностью обслуживания (D/U/1). Модель 1.A: одноканальная СМО с простейшим потоком заявок (M/U/1).	1		2				
8.2	Модель 2: многоканальная СМО с накопителем ограниченной ёмкости и обслуживанием заявок по закону Эрланга (M/E2/1/r). Модель 2.A: дополнительная статистика в виде гистограмм.	1		2				
8.3	Модель 3: многоканальная СМО с неоднородным потоком заявок и накопителем ограниченной емкости. Модель 3.A: многоканальная СМО с отдельными накопителями для заявок разных классов.			2				
8.4	Модель 4: одноканальная			2				

	СМО с относительными приоритетами. Модель 4.А: одноканальная СМО с абсолютными приоритетами.							
8.5	Модель 5: двухузловая разомкнутая СеМО с однородным потоком заявок.			2				
8.6	Модель 6: многоузловая разомкнутая СеМО с однородным потоком заявок.			2				
8.7	Модель 7: замкнутая СеМО с однородным потоком заявок.			4				
8.8	Модель 8: разомкнутая СеМО с неоднородным потоком заявок			4				
9	Введение в системную динамику и агентное моделирование	2		5		1-2		
9.1	Построение моделей системной динамики. Моделирование причинно-следственных связей.	1		2				
9.2	Введение в агентное моделирование. Процедура разработки агентной модели.	1		3				
10	Имитационное моделирование в среде AnyLogic	2		5		1-2	Подготовка к лабораторной работе	Отчет по лабораторной работе
10.1	Введение в имитационное моделирование в среде AnyLogic. Разработка гибридной имитационной модели	1		1				

10.2	Разработка многомерной имитационной модели. Реализация численных экспериментов в среде AnyLogic.	1		4				
	Курсовая работа / Курсовой проект				6	1-2	Работа представляет собой выполнение индивидуального творческого задания, с обязательным написанием программного продукта (с использованием ИТ), оформлением в печатном виде и её защитой перед группой.	
	<b>Итого</b>							
	<b>Всего часов:</b>	34		66	42			<b>Экзамен, курсовая работа</b>

**Рейтинг-план дисциплины**  
**Имитационное моделирование**

*(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)*

направление подготовки 09.03.03 Прикладная информатика

курс 3, семестр V, VI

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ. АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Аудиторная работа (реферат, доклад, сообщение)	2	3	0	6
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа №1	2	3	0	6
<b>Модуль 2. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (МОДЕЛИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ)</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторная работа №1	7	1	0	7
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа №2	1	7	0	7
<b>Модуль 3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В GPSS World</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторная работа №2	6	2	0	12
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа №3	1+6	2	0	7
<b>Модуль 4. Имитационное моделирование в среде AnyLogic</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторная работа №3	15	1	0	15
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тестирование в Системе централизованного тестирования БашГУ <a href="http://moodle.bashedu.ru/">http://moodle.bashedu.ru/</a>	1	10	0	10
<b>Поощрительные баллы</b>			0	10

<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			<b>0</b>	<b>30</b>
<b>ИТОГО</b>				<b>100</b>