

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФЭМИТ

 С.А. Баркалов /

17 января 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Имитационное моделирование»

Направление подготовки 27.03.03 Системный анализ и управление

Профиль Бизнес-аналитика и системы больших данных

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

 Ю.В. Бондаренко

Заведующий кафедрой
Управления

 С.А. Баркалов

Руководитель ОПОП

 О.С. Перевалова

Воронеж 2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

- получение знаний о современных направлениях и технологиях имитационного моделирования сложных социально-экономических и технических систем, процессов, объектов и проектов.

- обучение инструментам и информационным технологиям разработки имитационной модели, проведения направленного вычислительного эксперимента, подготовки реальных данных и аналитической обработки результатов эксперимента;

- расширение знаний о математическом моделировании сложных объектов в условиях воздействия случайных и неопределенных факторов внешней среды.

1.2. Задачи освоения дисциплины освоение студентами методологических основ и понятийного аппарата имитационного моделирования сложных систем, объектов и процессов; формирование знаний, умений и практических навыков построения имитационных моделей и проведения вычислительных экспериментов по основным направлениям имитационного моделирования (статистического, дискретно-событийного, системной динамики, агентного); приобретение практических навыков использования методов и приемов алгоритмизации поставленных задач с учетом возможностей современных информационных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Имитационное моделирование» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Имитационное моделирование» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-6 - Способен разрабатывать методы моделирования, анализа и технологии синтеза процессов и систем, а также алгоритмы и программы, основанные на этих методах, пригодные для практического применения в области техники и технологии

ОПК-7 - Способен применять математические, системно-аналитические, вычислительные методы и программные средства для решения прикладных задач в области создания систем анализа и автоматического управления и их компонентов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-6	Знать – особенности и цели моделирования сложных систем; общую технологию имитационного моделирования; технологии разработки модели

	<p>системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования; методы построения и решения логико-аналитических моделей; технологию организации вычислительного эксперимента и обработки результатов</p> <p>уметь- составлять комплекс логико-аналитических моделей сложных объектов и бизнес-процессов; - формировать имитационную модель; -разрабатывать сценарий направленного вычислительного эксперимента; - производить анализ и обработку результатов эксперимента</p> <p>Владеть - навыками имитационного моделирования сложных систем</p>
ОПК-7	<p>знать - основные понятия и технологию имитационного моделирования; - современные направления имитационного моделирования (вероятностное, дискретно-событийное, системная динамика, агентное); - технологии построения математических моделей каждого направления имитационного моделирования; - программные средства имитационного моделирования</p> <p>уметь – использовать методы системного анализа для разработки имитационной модели, применять различные вычислительные методы решения комплекса логико-аналитических моделей.</p> <p>Владеть навыками работы в специализированном ПО.</p>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Имитационное моделирование» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:		
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	32	32
Самостоятельная работа	60	60
Курсовой проект	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+

Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	108 3	108 3
--	----------	----------

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Методологические основы имитационного моделирования	Понятие имитационного моделирования сложных систем. Основные направления имитационного моделирования (вероятностное моделирование, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование). Общие этапы имитационного моделирования. Программное обеспечение имитационного моделирования (обзор). Испытание и исследование свойств имитационной модели. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели.	4	4	10	18
2	Статистическое моделирование	Понятие статистического моделирования. Основные виды статистического моделирования. Этапы статистического моделирования. Законы распределения случайных величин. Метод Монте-Карло	4	4	10	18
3	Дискретно-событийное моделирование	Основные понятия дискретно-событийного моделирования. Моделирование случайных процессов. Системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО. Основные характеристики СМО. Основные типы СМО и их характеристики (Одноканальная СМО с отказами и ожиданием, многоканальная СМО). Дискретно-событийное моделирование в Anylogic. Моделирование процессов логистики. Применение дискретно-событийного моделирования для получения большого массива данных о системе.	4	12	10	18
4	Модели системной динамики	Понятия системной динамики. Основные этапы разработки модели системной динамики. Интеллектуальные методы выявления причинно-следственных связей. Построение когнитивной карты. Построение модели системной динамики. Системное моделирование в Anylogic. Примеры моделей системной динамики.	2	6	10	18
5	Агентные модели	Основные понятия агентного моделирования. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов. Агентное моделирование в Anylogic.	2	6	10	18
Итого			16	32	60	108

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины

предусматривает выполнение курсового проекта в 4 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Имитационное моделирование системы массового обслуживания»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- провести анализ основных подходов к моделированию СМО;
- провести анализ особенностей и возможностей имитационного моделирования СМО;
- разработать имитационную модель СМО в системе имитационного моделирования Anylogic;
- провести вычислительный эксперимент.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-6	знать - особенности и цели моделирования сложных систем; общую технологию имитационного моделирования; технологии разработки модели системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования; методы построения и решения логико-аналитических моделей; технологию организации вычислительного эксперимента и обработки результатов	Устный опрос	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь - составлять комплекс логико-аналитических моделей сложных объектов и бизнес-процессов; - формировать	Решение практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	имитационную модель; -разрабатывать сценарий направленного вычислительного эксперимента; - производить анализ и обработку результатов эксперимента			
	владеть - навыками имитационного моделирования сложных систем	Решение практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-7	знать -основные понятия и технологию имитационного моделирования; - современные направления имитационного моделирования (вероятностное, дискретно-событийное, системная динамика, агентное); - технологии построения математических моделей каждого направления имитационного моделирования; - программные средства имитационного моделирования	Устный опрос	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь - использовать методы системного анализа для разработки имитационной модели, применять различные вычислительные методы решения комплекса логико-аналитических моделей.	Решение практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы в специализированном ПО	Решение практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-6	знать - особенности и	Тест	Выполнение теста на	Выполнение менее

	цели моделирования сложных систем; общую технологию имитационного моделирования; технологии разработки модели системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования; методы построения и решения логико-аналитических моделей; технологию организации вычислительного эксперимента и обработки результатов		70-100%	70%
	уметь - составлять комплекс логико-аналитических моделей сложных объектов и бизнес-процессов; - формировать имитационную модель; -разрабатывать сценарий направленного вычислительного эксперимента; - производить анализ и обработку результатов эксперимента	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками имитационного моделирования сложных систем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-7	знать - основные понятия и технологию имитационного моделирования; - современные направления имитационного моделирования (вероятностное, дискретно-событийное, системная динамика, агентное); - технологии построения математических моделей каждого направления имитационного моделирования; - программные средства имитационного моделирования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь - использовать методы системного анализа для	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	разработки имитационной модели, применять различные вычислительные методы решения комплекса логико-аналитических моделей.			
	владеть навыками работы в специализированном ПО	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. К какому классу моделей сложных экономических систем относятся имитационные модели? Выберите правильный ответ:

- а) идеальные**
- б) материальные
- в) гибридные

Ответ: а)

2. Что из приведенного ниже **не** является направлением имитационного моделирования? Укажите правильный ответ.

- а) дискретно-событийное моделирование
- б) математический анализ**
- в) агентное моделирование

Ответ: б)

3. В рамках какого направления имитационного моделирования изучаются системы массового обслуживания? Выберите правильный ответ.

- а) дискретно-событийное моделирование**
- б) дифференциальные уравнения
- в) системная динамика

Ответ: а)

4. Что из представленного ниже является направлением имитационного моделирования? Выберите правильный вариант ответа.

- а) кластерный анализ
- б) математический анализ
- в) системная динамика**

Ответ: в)

5. Что из представленного ниже является направлением имитационного моделирования? Выберите правильный вариант ответа.

- а) кластерный анализ
- б) математический анализ
- в) агентное моделирование**

Ответ: в)

6. Что является обязательным технологическим этапом имитационного моделирования? Выберите правильный вариант ответа.

а) планирование и проведение направленного вычислительного эксперимента;

б) построение дифференциального уравнения;

в) решение системы линейных уравнений

Ответ: а)

7. Что является обязательным этапом имитационного моделирования? Выберите правильный вариант ответа.

а) подготовка исходных данных;

б) построение дифференциального уравнения;

в) решение системы линейных уравнений

Ответ: а)

8. Что является обязательным этапом имитационного моделирования? Выберите правильный вариант ответа.

а) программирование имитационной модели;

б) построение дифференциального уравнения;

в) решение системы линейных уравнений

Ответ: а)

9. Какие модели описывают процессы, в которых отсутствуют всякие случайные величины и случайные процессы? Выберите правильный вариант ответа.

а) детерминированные

б) стохастические

в) физические

Ответ: а)

10. Как называется вид моделирования, в котором отображаются вероятностные процессы? Выберите правильный вариант ответа.

а) стохастическое

б) детерминированное

в) динамическое

Ответ: а)

11. Как называется модель, в которой описывается поведение множества объектов, которые образуют поведение системы в целом? Выберите правильный вариант ответа.

а) агентная модель

б) системная динамика

в) дискретная модель

Ответ: а)

12. Какой вид моделирования используется для описания поведения объекта во времени? Выберите правильный вариант ответа.

а) динамическое моделирование

б) статическое моделирование

в) кинетическое моделирование

Ответ: а)

13. Как называют замену реального объекта его подходящей копией, реализующей существенные свойства объекта? Выберите правильный вариант ответа.

а) моделированием

б) систематизацией

в) фильтрацией

Ответ: а)

14. Модель по сравнению с моделируемым объектом содержит:

(Выберите правильный вариант ответа)

а) меньше информации;

б) больше информации;

в) столько же информации

Ответ: а)

15. Наиболее популярным методом вероятностного моделирования является:

(Выберите правильный вариант ответа)

а) метод наименьших квадратов;

б) симплекс-метод;

в) метод Монте-Карло

Ответ: в)

16. С какого этапа начинается исследование с помощью имитационного моделирования? Выберите правильный вариант ответа.

а) разработка концептуальной модели

б) формулировка целей и планирование исследования;

в) проведение эксперимента

Ответ б)

17. Заключительным этапом исследования с помощью имитационного моделирования является:

(Выберите правильный вариант ответа)

а) оформление и использование результатов исследования;

б) выполнение предварительных прогонов;

в) планирование эксперимента.

Ответ а)

18. Какое распределение чаще всего используется для моделирования интервала времени между поступлениями требований в системах массового обслуживания? Выберите правильный ответ:

а) экспоненциальное распределение

б) распределение Эрланга

в) распределение Вейбулла

Ответ: а)

19. Какие элементы входят в структуру системы массового обслуживания? Выберите правильные варианты ответа:

а) входящий поток заявок

б) очередь

в) каналы обслуживания

г) переключатель заявок

д) датчик поглотителя заявок

Ответ: а), б), в)

20. Плотность вероятности экспоненциального распределения имеет вид:

$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$. Если экспоненциальное распределение обозначает время между поступлениями очередных требований в системе массового обслуживания, то какой смысл имеет параметр λ ? Выберите правильный вариант ответа:

а) интенсивность поступления требований в единицу времени

б) число требований в очереди

в) интенсивность отказа в обслуживании

Ответ: а)

21. Можно ли у Source в программе имитационного моделирования AnyLogic настроить анимацию? Выберите правильный вариант ответа.

а) Можно

б) Нельзя

Ответ: а)

22. В каких программных системах реализовано динамическое моделирование? Выберите правильные варианты ответа.

а) AnyLogic

б) Simulink

в) Pascal

Ответ: а), б)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. В системе массового обслуживания за модельное время обслужились 10 требований. Время пребывания каждого требования в очереди (в минутах) указаны в таблице.

Номер требования	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Время пребывания в очереди	2	1	4	1	1	5	6	8	2	1

Определите среднее время ожидания в очереди (в минутах). В ответ впишите число без указания единицы измерения.

Ответ 3,1

2. В системе массового обслуживания за модельное время обслужились 10 требований. Время пребывания каждого требования в очереди (в минутах) указаны в таблице.

Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

требования										
Время пребывания в очереди	2	2	5	1	1	5	6	8	2	1

Определите среднее время ожидания в очереди (в минутах). В ответ впишите число без указания единицы измерения.

Ответ 3,3

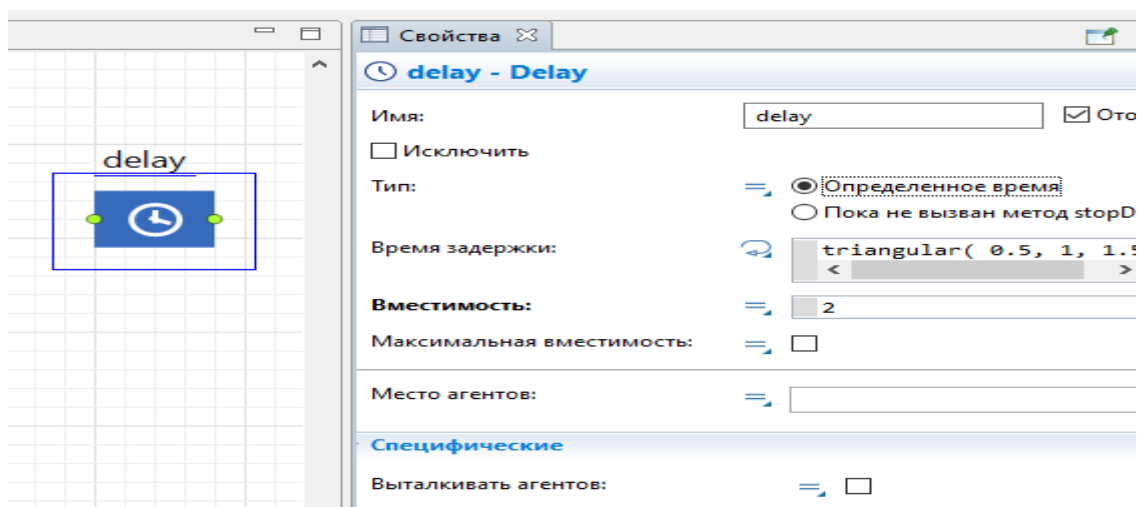
3. Время моделирования составляет 400 часов. В процессе моделирования получилось, что устройство занято обслуживанием требований в течение 40 часов. Рассчитайте коэффициент загрузки устройства.

Ответ: 0,1

4. Время моделирования составляет 300 часов. В процессе моделирования получилось, что устройство занято обслуживанием требований в течение 60 часов. Рассчитайте коэффициент простоя устройства.

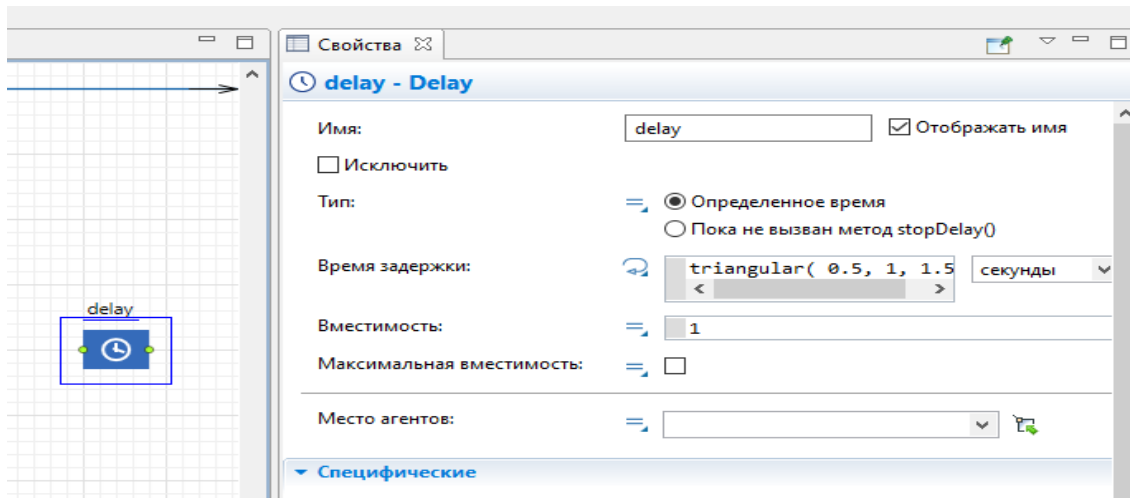
Ответ: 0,8

5. В программе имитационного моделирования AnyLogic при построении системы массового обслуживания объекту «delay» присвоены свойства, изображенные на рисунке. Определите, сколько каналов обслуживания имеет данная система.



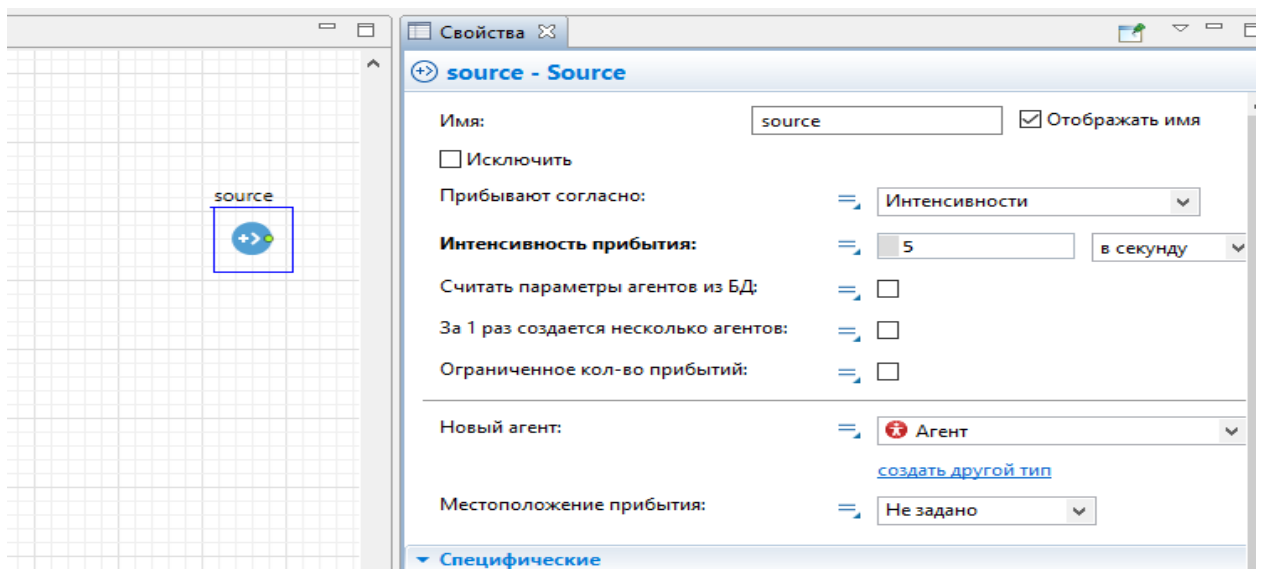
Ответ: 2

6. В программе имитационного моделирования AnyLogic при построении системы массового обслуживания объекту «delay» присвоены свойства, изображенные на рисунке. Определите, сколько каналов обслуживания имеет данная система.



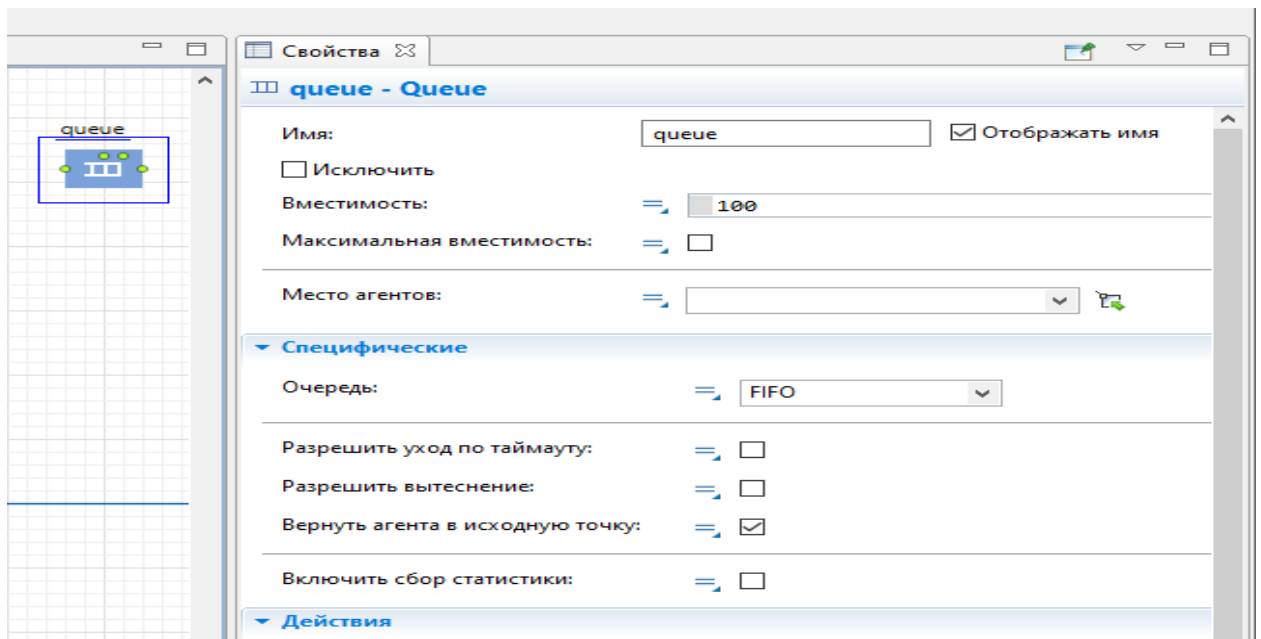
Ответ: 1

7. В программе имитационного моделирования AnyLogic при построении системы массового обслуживания объекту «source» присвоены свойства, изображенные на рисунке. Определите, сколько заявок прибывает в СМО в секунду.



Ответ: 5

8. В программе имитационного моделирования AnyLogic при построении системы массового обслуживания объекту «queue» присвоены свойства, изображенные на рисунке. Определите, какой может быть максимальная длина очереди (укажите число заявок).



Ответ: 100

9. На автозаправочной станции работает две колонки с бензином. Площадка при станции, на которой машины могут ожидать заправку, вмещает не более трех машин одновременно. Если все места на площадке заняты, то очередная машина, прибывшая к станции, в очередь не становится, а проезжает на соседнюю автозаправочную станцию. По результатам проведенных аналитиками компании наблюдений: поток машин, прибывающих на станцию, можно считать простейшим; машины прибывают на станцию с интенсивностью $\lambda = 0,5$ маш./мин; интенсивность процесса обслуживания $\mu = 0,4$ маш./мин. Вычислить показатель нагрузки рассматриваемой автозаправочной станции.

Ответ: 1,25 Эрланга

10. В системе противовоздушной обороны две пусковые установки и специальные станции слежения. Пусковые установки обстреливают самолеты противника. Станции слежения осуществляют наблюдение за самолетами, влетевшими в зону обстрела в момент, когда пусковые установки заняты обстрелом появившихся ранее самолетов. По мере освобождения пусковых установок, станции слежения передают им самолет на обстрел при условии, что самолет еще не вылетел из зоны обстрела. Интенсивность обстрела самолетов пусковой установкой равна одному самолету в минуту, интенсивность, с которой самолеты влетают в зону, равна 0,8 самолетов в минуту. Время, в течение которого самолет находится в зоне до начала его обстрела в среднем равно 2 мин. Вычислить показатель нагрузки ПВО.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта «А». В процессе предварительного анализа экспертами были

выявлены три ключевых параметра проекта и определены возможные границы их изменений (см. таблицу). Прочие параметры проекта считаются постоянными величинами.

Постройте имитационную модель расчета NPV. Считая, что все ключевые переменные имеют равномерный закон распределения, проведите вычислительный эксперимент. Сделайте выводы о целесообразности инвестиций.

Ключевые параметры проекта по производству продукта «А»

Сценарий	Показатели		
	Наихудший	Наилучший	Вероятный
Объем выпуска, Q	130	300	200
Цена за штуку, P	40	55	50
Переменные затраты, I	35	25	30

Неизменяемые параметры проекта по производству продукта «А»

Показатели	Наиболее вероятные значения
Постоянные затраты, F	500
Амортизация, A	100
Ставка процента по заемным средствам (налог на прибыль), T	60%
Норма дисконта, r	10%
Срок проекта, n	5
Инвестиции	2000

Ответ: инвестиции целесообразны

2. Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукта «А». В процессе предварительного анализа экспертами были выявлены три ключевых параметра проекта и определены возможные границы их изменений (см. таблицу). Прочие параметры проекта считаются постоянными величинами.

Постройте имитационную модель расчета NPV. Считая, что все ключевые переменные имеют равномерный закон распределения, проведите вычислительный эксперимент. Сделайте выводы о целесообразности инвестиций.

Ключевые параметры проекта по производству продукта «А»

Сценарий	Показатели		
	Наихудший	Наилучший	Вероятный
Объем выпуска, Q	130	300	200
Цена за штуку, P	40	55	50
Переменные затраты, I	35	25	30

Неизменяемые параметры проекта по производству продукта «А»

Показатели	Наиболее вероятные значения
Постоянные затраты, F	500

Амортизация, А	100
Ставка процента по заемным средствам (налог на прибыль), Т	60%
Норма дисконта, г	10%
Срок проекта, п	5
Инвестиции	7000

Ответ: инвестировать не целесообразно

3. В маленький супермаркет с одной кассой приходят покупатели в среднем каждые 4 минуты. Каждый посетитель сперва в течение $5+1$ мин. ходит по супермаркету и выбирает товар, затем подходит к продавцу. Продавец обслуживает покупателей в среднем 2 минуты по нормальному закону распределения с $\sigma = 0,7$. Промоделируйте работу супермаркета за время прохождения 1000 покупателей. Считая, что время ожидания должно быть не более 10 минут и коэффициент нагрузки не должен быть ниже 0,7, определите, удовлетворяет ли система данным требованиям.

Ответ: удовлетворяет

4. В маленький супермаркет с одной кассой приходят покупатели в среднем каждые 4 минуты. Каждый посетитель сперва в течение $7+1$ мин. ходит по супермаркету и выбирает товар, затем подходит к продавцу. Продавец обслуживает покупателей в среднем 2 минуты по нормальному закону распределения с $\sigma = 0,9$. Промоделируйте работу супермаркета за время прохождения 1000 покупателей. Считая, что время ожидания должно быть не более 10 минут и коэффициент нагрузки не должен быть ниже 0,7, определите, удовлетворяет ли система данным требованиям.

Ответ: не удовлетворяет

5. В супермаркет с пятью кассами приходят покупатели в среднем каждые 20 секунд. Процесс поступления является пуассоновским. Каждый посетитель сперва в течение $3+1$ минут ходит по супермаркету и выбирает товар, затем подходит к кассам, к которым организована единая очередь. На каждой кассе покупатели обслуживаются в среднем по 1,5 минуты по нормальному закону распределения с разбросом 0,3. Промоделировать работу супермаркета за 24 часа и определить, сколько дополнительных касс стоит открыть, чтобы среднее время ожидания в очереди было не больше минуты

Ответ: 2

6. В супермаркет с пятью кассами приходят покупатели в среднем каждые 20 секунд. Процесс поступления является пуассоновским. Каждый посетитель сперва в течение $4+1$ минут ходит по супермаркету и выбирает товар, затем подходит к кассам, к которым организована единая очередь. На

каждой кассе покупатели обслуживаются в среднем по 2 минуты по нормальному закону распределения с разбросом 0,3. Промоделировать работу супермаркета за 24 часа и определить, сколько дополнительных касс стоит открыть, чтобы среднее время ожидания в очереди было не больше минуты

Ответ: 4

7. В отделе по работе с клиентами оптовой базы работают $n = 3$ сотрудников, занимающихся сбором документов и сертификатов качества к заявке клиента. В среднем за 10 часов отдел получает 120 заявок. На сбор документов по одной заявке один сотрудник затрачивает в среднем 7 минут. Если приходит заявка, а свободных сотрудников нет, то заявка переходит в другой отдел, что экономически не выгодно для работы отдела.

Рассмотрите работу системы в двух режимах:

1) все сотрудники работают вместе как один, т.е. одну заявку обслуживают все сотрудники

2) каждый сотрудник обслуживает одну заявку

Сравните эффективности этих двух режимов работы системы.

Ответ: первый режим эффективнее

8. В отделе по работе с клиентами оптовой базы работают 5 сотрудников, занимающихся сбором документов и сертификатов качества к заявке клиента. В среднем за 10 часов отдел получает 80 заявок. На сбор документов по одной заявке один сотрудник затрачивает в среднем 4 минут. Если приходит заявка, а свободных сотрудников нет, то заявка переходит в другой отдел, что экономически не выгодно для работы отдела.

Рассмотри работу системы в двух режимах:

3) все сотрудники работают вместе как один, т.е. одну заявку обслуживают все сотрудники

4) каждый сотрудник обслуживает одну заявку

Сравните эффективности этих двух режимов работы системы.

Ответ: второй режим эффективнее

9. Рассмотрим сложную систему – общество, элементами которого являются люди. Выделим следующие группы (подсистемы) людей:

- инфицированные (заболевшие гриппом к определенному моменту времени);

- выздоровевшие (выздоровевшие после болезни гриппом);

- не вакцинированные (восприимчивые к гриппу);

- вакцинированные (невосприимчивые к гриппу).

Параметрами процесса развития эпидемии выступают:

- *infection_rate* (темп заболевания) – доля заболевающих гриппом в единицу времени (от 0 до 1) среди восприимчивых к гриппу людей;
- *recovery_rate* (темп выздоровления) – доля выздоравливающих в единицу времени (от 0 до 1) среди всех людей, заболевших гриппом.

Требуется: провести исследование динамики численности группы инфицированных и группы выздоровевших людей в зависимости от параметров процесса развития эпидемии и начальной численности всех групп населения.

Построение модели. Имитационная модель развития эпидемии относится к классу моделей системной динамики. Для наглядного представления такого типа моделей принято строить потоковые диаграммы. Элементами потоковой диаграммы для данного примера являются:

1) Уровни (узлы сети, обозначающие переменные состояния модели):

- *susceptible* (не вакцинированные) – общее число людей, восприимчивых к гриппу;
- *infected* (инфицированные) – общее число людей, заболевших гриппом;
- *recovered* – общее число людей, выздоровевших после болезни.

2) Постоянные параметры: *infection_rate*; *recovery_rate*;

3) Темпы (скорость потока, проходящего по дуге потоковой сети):

- $\frac{d(\textit{susceptible})}{dt} = -\textit{get_sick}$;
- $\frac{d(\textit{infected})}{dt} = \textit{get_sick} - \textit{get_well}$;
- $\frac{d(\textit{recovered})}{dt} = \textit{get_well}$;

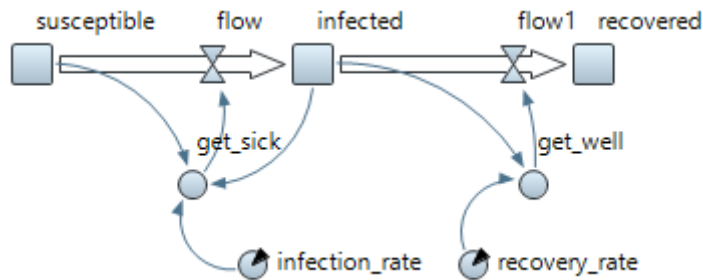
где переменные

- *get_sick* – число людей, заболевших в единицу времени,
 $\textit{get_sick} = \textit{infected} * \textit{susceptible} * \textit{infection_rate}$;
- *get_well* – число людей, выздоровевших в единицу времени,

$get_well = infected * recovery_rate.$

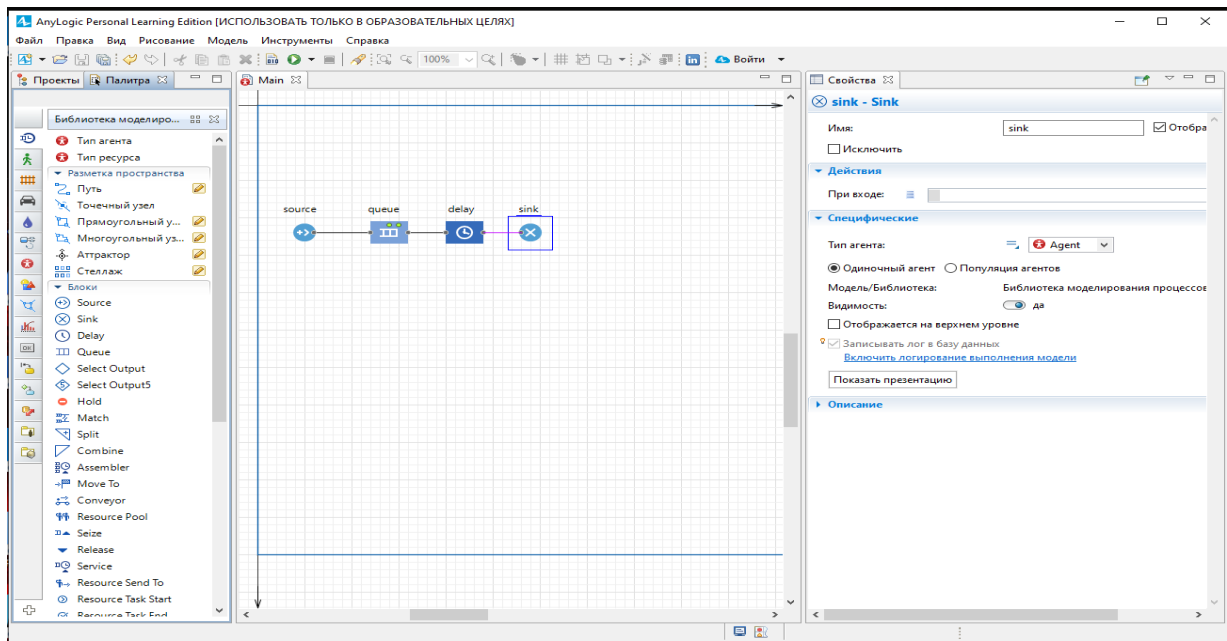
Постройте модель в Anylogic.

Ответ:



10. Постройте в Anylogic модель одноканальной СМО.

Ответ:



7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Понятие имитационного моделирования сложных систем.
2. Основные направления имитационного моделирования (вероятностное моделирование, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование).
3. Общие этапы имитационного моделирования. Инструментальные средства имитационного моделирования.
4. Испытание и исследование свойств имитационной модели.
5. Направленный вычислительный эксперимент на имитационной модели.
6. Понятие статистического моделирования. Основные виды статистического моделирования.
7. Этапы статистического моделирования.

8. Законы распределения случайных величин.
 9. Метод Монте-Карло.
 10. Основные понятия дискретно-событийного моделирования.
 11. Моделирование случайных процессов.
 12. Системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО.
 13. Основные характеристики СМО.
 14. Основные типы СМО и их характеристики (Одноканальная СМО с отказами и ожиданием, многоканальная СМО).
 15. Дискретно-событийное моделирование в Anylogic
 16. Понятия системной динамики.
 16. Основные этапы разработки модели системной динамики.
 17. Статистические методы выявления причинно-следственных связей.
- Построение когнитивной карты.
18. Построение модели системной динамики.
 19. Системное моделирование в Anylogic. Примеры моделей системной динамики.
 20. Основные понятия агентного моделирования.
 21. Модели агента и среды. Моделирование поведения агентов.
 22. Агентное моделирование в Anylogic

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и 4 задачи. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается 15 баллов.

«Зачет» ставится в том случае, если студент набрал более 55 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Методологические основы имитационного моделирования	ОПК-6, ОПК-7	Тест, контрольная работа, требования к курсовому проекту.
2	Статистическое моделирование	ОПК-6, ОПК-7	Тест, контрольная работа, требования к курсовому проекту.
3	Дискретно-событийное моделирование	ОПК-6, ОПК-7	Тест, контрольная работа, требования к курсовому проекту.
4	Модели системной динамики	ОПК-6, ОПК-7	Тест, контрольная работа, требования к курсовому проекту.
5	Агентные модели	ОПК-6, ОПК-7	Тест, контрольная работа, требования к курсовому проекту.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Веремчук, Н. С. Элементы имитационного моделирования : учебно-методическое пособие / Н. С. Веремчук. — Омск : СибАДИ, 2021. — 152 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/191222>

2. Строгалев, В. П. Имитационное моделирование : учебное пособие / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева. — 4-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 295 с. — ISBN 978-5-7038-4825-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106283>

3. Палей, А. Г. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic : учебное пособие / А. Г. Палей, Г. А. Поллак. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-3844-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122179>.

4. Рыжиков, Ю. И. Имитационное моделирование. Авторская имитация систем и сетей с очередями : учебное пособие / Ю. И. Рыжиков. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 112 с. — ISBN 978-5-8114-3464-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113404>

5. Имитационное моделирование бизнес-процессов :

учебно-методическое пособие / З. И. Баусова, Е. В. Жаркова, А. Л. Козлов, Ю. А. Коробасова. — Пенза : ПензГТУ, 2013. — 164 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/62734>

6. Королев, А. В. Экономико-математические методы и моделирование : учебник и практикум для вузов / А. В. Королев. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 280 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00883-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470088>

7. Кутузов, О. И. Моделирование систем. Методы и модели ускоренной имитации в задачах телекоммуникационных и транспортных сетей : учебное пособие / О. И. Кутузов. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 132 с. — ISBN 978-5-8114-2972-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107274>.

8. Мицель, А. А. Сборник задач по имитационному моделированию экономических процессов : учебное пособие / А. А. Мицель. — Москва : ТУСУР, 2016. — 218 с. — ISBN 978-5-86889-358-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110242>).

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Университетская библиотека on-line Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>;

ЭБС Лань. Режим доступа: <http://www.e.lanbook.com>;

Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online (доступ осуществляется по адресу: <https://biblioclub.ru/>);

Электронная библиотека технического ВУЗа «Консультант студента» (доступ осуществляется по адресу: <https://www.studmedlib.ru>);

Современные информационные технологии в бизнесе/ ВШЭ. – НПОО.- Режим доступа: <https://openedu.ru/course/hse/ITBUSINESS/>

Системная динамика устойчивого развития / УрФУ. – НПОО. – Режим доступа: <https://openedu.ru/course/urfu/ECOS/>

Информационные технологии для реализации учебной дисциплины:

- технологии синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателя посредством служб (сервисов) по пересылке и получению электронных сообщений, в том числе, по сети Интернет;

- сервис электронной почты для оперативной связи преподавателя и студентов.

Программное обеспечение: Windows 10 (лицензионное ПО); IntelliJ IDEA Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО); Paskal ABC NET

(свободное и/или бесплатное ПО); Jet Brains PyCharm Community Edition (свободное и/или бесплатное ПО); Anaconda (свободное и/или бесплатное ПО); LibreOffice (свободное и/или бесплатное ПО); Mozilla Firefox (свободное и/или бесплатное ПО); 7-zip (свободное и/или бесплатное ПО); Matlab (лицензионное ПО); Anylogic (бесплатное).

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Лекционная аудитория должна быть оборудована: учебная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).

Практические занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной учебной мебелью и персональными компьютерами с доступом в сеть Интернет (компьютерные классы, студии), мультимедийными средствами (мультимедийный проектор, экран, средства звуковоспроизведения), установленным ПО, Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Имитационное моделирование» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков имитационного моделирования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.

<p>Практическое занятие</p>	<p>Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--