

**Пермский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
"Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"**

**Программа учебной дисциплины  
«Современные теории имитационного моделирования»**

Утверждена

Академическим советом основных образовательных программ по направлениям подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика, 09.03.04 Программная инженерия, 38.04.05 Бизнес-информатика

Протокол № от \_\_ \_\_\_\_\_ 2019

Академический руководитель ОП

\_\_\_\_\_ Дерябин А.И

Подпись

ФИО

Разработчик	Замятина Елена Борисовна, к.ф.-м.н., доцент кафедры информационных технологий в бизнесе, <a href="mailto:e_zamyatina@mail.ru">e_zamyatina@mail.ru</a>
Число кредитов	6
Контактная работа (час.)	66
Самостоятельная работа (час.)	162
Образовательная программа, курс	Информационная аналитика в управлении предприятием, направление подготовки 38.04.05 Бизнес-информатика, уровень магистратура, 1 курс
Формат изучения дисциплины	без использования онлайн курса

## 1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты

Целями освоения дисциплины «Современные теории и средства имитационного моделирования» являются:

*В области обучения* – получение высшего профессионально профилированного (на уровне магистра) образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности, обладать универсальными и предметно-специализированными компетенциями, способствующими его социальной мобильности и устойчивости на рынке труда, а именно: изучение теоретических основ и практического применения методов и инструментальных средств имитационного моделирования.

*В области воспитания* – развитие у студентов социально-личностных качеств: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, самостоятельности, гражданственности, эмоционального интеллекта, приверженности этическим ценностям, коммуникативности, толерантности, повышение их общей культуры и мышления.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Технологии анализа данных.
- Методы и инструменты разработки информационных систем.
- Семантические технологии.

Основные положения дисциплины используются при написании выпускных квалификационных работ магистра.

Настоящая дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части.

Формат изучения дисциплины: без использования онлайн курса.

В результате освоения дисциплины «Современные теории и средства имитационного моделирования» студенты формируют следующие компетенции:

Код	Формулировка компетенций
ОПК-4	Способен принимать обоснованные организационно-управленческие решения в профессиональной деятельности и нести за них ответственность
УК-3	Способен к самостоятельному освоению новых методов исследований, изменению научного и производственного профиля своей деятельности
ПК-11	Способен проводить аналитические и поисковые исследования в сфере экономики, управления и ИКТ для выявления продуктовых, технологических, организационных, маркетинговых инноваций.
ПК-12	Способен проводить научные исследования для выработки стратегических решений в области ИКТ

В результате освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями, умениями и навыками:

- **Знать:**

- основные принципы организации систем имитационного моделирования;
- основные принципы организации механизма продвижения времени в имитационных моделях;
- основные парадигмы имитационного моделирования: процессо-ориентированную, событийно-ориентированную, агентную, объектно-ориентированную;
- организацию подсистемы анализа имитационного моделирования;
- языки имитационного моделирования и их сравнительные характеристики;
- сравнительные характеристики широко распространенных систем имитационного моделирования.

- **Уметь:**
  - выполнять постановку задач, которые решаются методами имитационного моделирования;
  - работать с широко распространенными системами имитационного моделирования;
  - применять знания об организации систем моделирования для оценки новых программных средств имитационного моделирования;
  - самостоятельно разрабатывать системы имитационного моделирования.
- **Обладать навыками,** которые позволяют использовать знания, полученные в рамках курса, при создании специализированных программных систем имитационного моделирования.

## 2. Содержание учебной дисциплины

Темы, объем часов и планируемые результаты обучения представлены в таблице.

Разделы / темы дисциплины	Объем в часах				Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю	Формы контроля
	лк	см	сп	онл		
Раздел 1. Введение в имитационное моделирование	6	10	40	0	Осуществляет математическую постановку задачи имитационного моделирования	Домашнее задание Самостоятельная работа
Раздел 2. Особенности организации систем имитационного моделирования	6	10	40	0	Использует дискретные и непрерывные системы имитационного моделирования при решении задач	Домашнее задание Самостоятельная работа
Раздел 3. Системы имитации с различными парадигмами	6	10	40	0	Использует системы имитационного моделирования GPSS и AnyLogic	Домашнее задание Самостоятельная работа
Раздел 4. Особенности применения систем имитации при решении задач в различных предметных областях	8	10	42	0	Решает задачи путем применения систем имитации	Домашнее задание Самостоятельная работа
						Письменный экзамен
<b>Часов по видам учебных занятий:</b>	26	40	162	0		

Формы учебных занятий:

лк – лекции в аудитории;

см - семинары/ практические занятия/ лабораторные работы в аудитории;

онл – лекции или иные виды работы студента с помощью онлайн-курса;

сп – самостоятельная работа студента.

### *Содержание разделов и тем дисциплины:*

#### **Раздел 1. Введение в имитационное моделирование**

##### Тема 1. Цели и задачи имитационного моделирования

Цели и задачи имитационного моделирования.

Понятие модели.

Этапы разработки модели.

Виды моделей.

Определение метода имитационного моделирования, его использование и особенности по отношению к другим методам математического моделирования

##### Тема 2. Особенности применения метода имитационного моделирования

Динамические и статические системы.

Фактор времени.

Стохастический характер законов моделируемой системы

### Тема 3. Обзор программных средств имитационного моделирования

Популярные в настоящее время системы имитационного моделирования:

- GPSS;
- AnyLogic;
- Extend;
- Flexsim;
- WitNess;
- ARENA.

Сравнительные характеристики систем имитационного моделирования.

Распределенное имитационное моделирование.

Способы оценки имитационного программного обеспечения

Параметры программного обеспечения, необходимые для его оценки:

- Наличие входного языка моделирования.
- Графический интерфейс.
- Визуализация результатов моделирования.
- Средства управления экспериментом.
- Средства отладки имитационной модели и ее валидации на каждом из этапов моделирования.

### Тема 4. Математическая постановка задачи и основные понятия имитационного моделирования

Процесс, активность, событие.

Методологические подходы к построению имитационных моделей.

Определение статического класса.

Статические системы. Динамические классы. Динамические системы: определение и свойства. Определение имитационной модели, свойства, классификация элементов (понятие активности, транзакта). Суперпозиция имитационных моделей.

## **Раздел 2. Особенности организации систем имитационного моделирования**

### Тема 5. Способы представления времени, деление систем имитационного моделирования на непрерывные и дискретные

Представление времени при имитационном моделировании. Непрерывное и дискретное имитационное моделирование.

### Тема 6. Основные парадигмы имитационного моделирования, примеры систем имитационного моделирования

Процессо-ориентированные, событийно-ориентированные, объектно-ориентированные и агентные парадигмы имитационного моделирования.

### Тема 7. Механизм продвижения времени и архитектура систем имитационного моделирования, поддерживающих различные парадигмы моделирования

Событийно-ориентированная парадигма моделирования, архитектура системы, механизм продвижения времени. Календарь событий.

Процессо-ориентированная парадигма моделирования, архитектура системы, механизм продвижения времени. Очередь процессов, ожидающих ресурсов.

Объектно-ориентированная парадигма моделирования, архитектура системы, механизм продвижения времени. Локальные календари событий.

Агентно-ориентированная парадигма моделирования, архитектура системы, механизм продвижения времени.

### Тема 8. Способы организации календаря событий

Упорядочивание календаря событий. Разделение календаря событий на диапазоны. Организация поисков события с минимальным временем с начала и конца календаря событий. Оценка эффективности поиска.

### Тема 9. Способы организации подсистемы анализа имитационного эксперимента

Основная статистика, собираемая в ходе имитационного прогона и способы ее получения. Методы сбора информации.

### Тема 10. Организация имитационного эксперимента, стохастическое моделирование

Стратегии запуска. Организация точек отсечения. Снижение погрешности результатов моделирования.

## **Раздел 3. Системы имитации с различными парадигмами**

### Тема 11. Процессо-ориентированная система имитационного моделирования GPSS

Представление модели в GPSS.

Основные блоки.

Транзакты.

Логика работы интерпретатора (программы моделирования) GPSS (представление транзактов: пассивный и активный буфер; система планирования: условия продвижения транзактов и окончания моделирования, цепи текущих и будущих событий; цепи задержек и прерываний, цепи парности; фазы моделирования).

Оптимизация процесса моделирования в GPSS (использование цепей пользователя, флагов просмотра, индикаторов состояния).

### Тема 12. Агентная система имитационного моделирования AnyLogic

Описание модели.

Понятие агента.

Использование языка UML для описания поведения агента

## **Раздел 4. Особенности применения систем имитации при решении задач в различных предметных областях**

### Тема 13. Решение задач автоматизированного проектирования вычислительных систем

Определение систем автоматизации проектирования. Уровни автоматизации проектирования. Современные тенденции развития САПР.

Структура процесса проектирования:

- Способы проектирования.
- Уровни проектирования.
- Процесс проектирования.
- Процедуры проектирования.

Математическое, программное, техническое, организационное, лингвистическое обеспечения САПР, их основные характеристики.

Аналитические модели: Системы массового обслуживания. Модели, описываемые процессами рождения и гибели. Цепи Маркова. Марковские модели оценки качества и оптимизации. Примеры. Использование теории графов для анализа ВС. Сети Петри. Разновидности сетей Петри (стохастические, цветные, ингибиторные и т.д.).

### Тема 14. Решение задач по реинжинирингу бизнес-процессов

Особенности моделирования бизнес-процессов. Стандарты моделирования бизнес-процессов. Примеры моделирования и реинжиниринга бизнес-процессов.

## **3. Оценивание**

Текущий контроль по дисциплине «Современные теории и средства имитационного моделирования» предусматривает выполнение домашнего задания по итогам изучения каждого раздела, а также самостоятельную работу студентов.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в письменном виде.

Блокирующие элементы отсутствуют.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Оценка по дисциплине ( $O_{\text{дисциплине}}$ ) определяется, как взвешенная сумма оценок по всем видам контроля и рассчитывается по следующей формуле:

$$O_{\text{дисциплине}} = 0,1 * O_{\text{дом.зад. 1}} + 0,1 * O_{\text{дом.зад. 2}} + 0,1 * O_{\text{дом.зад. 3}} + 0,1 * O_{\text{дом.зад. 4}} + 0,2 * O_{\text{сам. раб.}} + 0,4 * O_{\text{экзамен}}$$

где  $O_i$  – оценка за определенный элемент контроля.  
Способ округления – арифметический.

#### *Критерии оценивания*

Оценки по всем формам контроля выставляются по 10-ти балльной шкале:

высшая оценка в 10 баллов проставляется при отличном выполнении заданий: полных (с детальными или многочисленными примерами и возможными обобщениями) ответах на вопросы и (или) правильном решении задачи и четком и исчерпывающем ее представлении;

отличная оценка в 9 баллов проставляется при отличном выполнении заданий, но недостаточно полных ответах на вопросы и (или) недостаточно исчерпывающем представлении решения задачи;

почти отличная оценка в 8 баллов проставляется при полностью правильных ответах и решении задач, но при отсутствии какого-либо из выше перечисленных отличительных признаков;

оценка в 7 баллов проставляется при правильных ответах на вопросы и правильном решении задачи, но при отсутствии пояснений, примеров, обобщений, без представления алгоритма или последовательности решения задач;

оценка в 6 баллов проставляется при наличии отдельных неточностей в ответах на вопросы (включая грамматические ошибки) или неточностях в решении задачи не принципиального характера (описки и случайные ошибки арифметического характера);

оценка в 5 баллов проставляется в случаях, когда в ответах и в решении задач имеются неточности и ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании вопросов и требующие дополнительного обращения к тематическим материалам;

оценка в 4 балла проставляется при наличии серьезных ошибок и пробелов в знании по контролируемой тематике;

оценка в 3 балла проставляется при наличии лишь отдельных положительных моментов в ответах на вопросы и в решении задач, говорящих о потенциальной возможности в последующем более успешно выполнить задания;

оценка в 2 балла проставляется при полном отсутствии положительных моментов в ответах на вопросы и в решении задач;

оценка в 1 балл проставляется, если ответы и решения неверны, кроме того, сопровождаются какими-либо демонстративными проявлениями безграмотности или неэтичного отношения к изучаемой теме;

оценка в 0 баллов проставляется, если работа не выполнена или обнаружен плагиат.

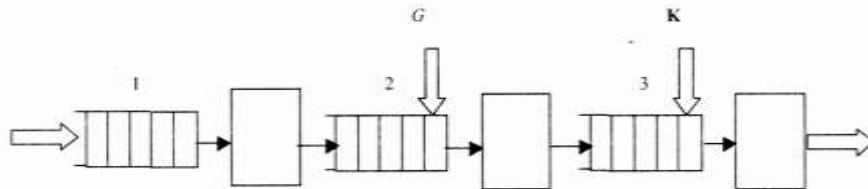
Особенности самостоятельной работы по курсу отражены в Приложении 1.

#### **4. Примеры оценочных средств**

##### ***Примеры домашних заданий:***

**Задание 1.** Имеется некоторая конвейерная автоматизированная линия по выпуску баночек фруктового сока (рис.7.1). Пустые баночки для фруктового сока поступают в накопитель 1 автоматизированной линии каждые  $A \pm B$  секунд. После этого в них автоматически заливается сок. Одновременно может заливаться лишь одна баночка, на что рас-

ходуется  $E$  секунд. Потом баночки поступают в накопитель 2 для выполнения операции закупоривания. Для этого расходуется  $C$  секунд времени на каждую баночку. Одновременно может обрабатываться одна баночка. Потом они попадают в накопитель 3 для следующей операции. В конце конвейера баночки устанавливаются в ящики. Время установки одной баночки представляет собой равномерно распределенную случайную величину в интервале  $D \pm E$  секунд. Одновременно может устанавливаться в ящик не больше двух баночек.



**Начальные условия:** в начале смены в накопителе 2 находится  $G$  баночек,  $A$  в накопителе 3 –  $K$  баночек.

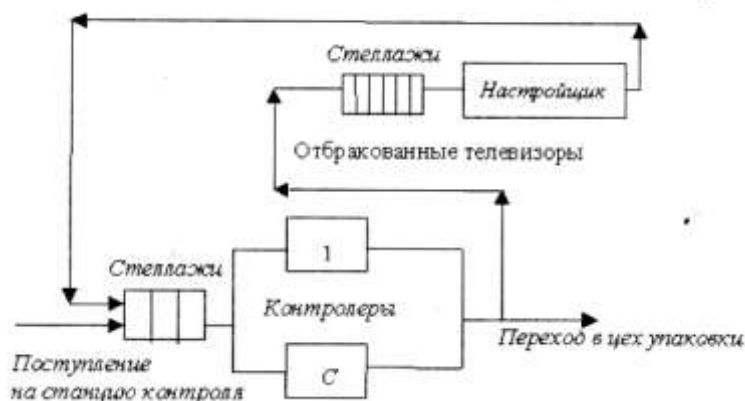
**Определить,** какие размеры должны иметь накопители с номерами, указанными в табл. 7.1 соответственно варианту. Промоделируйте работу линии на протяжении одной смены ( $N$  часов). В табл. указаны варианты и значения параметров.

Параметр	Вариант		
	1	2	3
$A \pm B$	$3,5 \pm 1,1$	$4,5 \pm 2,0$	$3,2 \pm 1,3$
$F$	1,5	1,2	2,3
$C$	1,6	1,3	2,4
$D \pm E$	$2,0 \pm 0,8$	$1,7 \pm 0,5$	$2,6 \pm 0,4$
$G$	20	26	35
$K$	36	36	30
$N$	8	6	7
Номера анализируемых накопителей	1,3	2,3	1,2

### **Задание 2. Моделирование контроля и настройки телевизоров**

Собранные телевизоры проходят серию испытаний на станции технического контроля. Если оказывается, что функционирование телевизора ненормально, то отбракованный телевизор передают в цех наладки, где заменяют неисправные блоки. После наладки телевизор возвращают на станцию контроля и снова проверяют. Со станции технического контроля телевизоры после одной или нескольких проверок поступают в цех упаковки.

*Настроенные телевизоры, возвращающиеся на контроль*



Телевизоры попадают на станцию технического контроля каждые  $A \pm B$  минут. На станции работают  $C$  контролеров одинаковой квалификации. Операция контроля одного телевизора состоит из двух проверок:

- 1) для первой проверки каждому контролеру необходимо  $D \pm E$  минут;

2) для второй проверки на всех  $C$  контролеров имеется один тестовый прибор (продолжительность тестирования –  $F$  минут).

Приблизительно  $G$  процентов телевизоров успешно проходят проверку и попадают в цех упаковки,  $A$  другие  $K$  процентов – в цех наладки, в котором находится один рабочий – наладчик. Время наладки (замены) неисправных блоков распределено в соответствии с равномерным законом в интервале  $N \pm M$  минут.

Написать на GPSS модель функционирования этого параграфа производственной линии. Время моделирования – 8 ч.

**Определить**, сколько мест на стеллажах необходимо предусмотреть на входе станции контроля и в цехе наладки. В табл. приведены варианты заданий и значения параметров.

Параметр	Варианты		
	1	2	3
$A \pm B$	$5,5 \pm 2,0$	$7,0 \pm 1,5$	$6,5 \pm 2,0$
$C$	2	3	2
$D \pm E$	$9 \pm 3$	$6 \pm 5$	$12 \pm 3$
$F$	1,2	1,5	1,0
$G$	85	95	85
$K$	15	5	15
$N \pm M$	$30 \pm 7$	$35 \ 9$	

*Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:*

1. Цели, задачи, особенности и области применения имитационного моделирования
2. Этапы имитационного моделирования
3. Основные понятия и определения имитационного моделирования: динамическая система, процессы, события, активности и т.д.
4. Представление времени в СИМ
5. Управление временем в процессо-ориентированных и событийно-ориентированных СИМ
6. Агентное моделирование. Особенности моделирования с помощью агентно-ориентированных СИМ (системы имитационного моделирования)
7. Основные виды СМО. Их краткая характеристика. Оценки одноканального и многоканального устройств.
8. Планирование вычислительного эксперимента
9. Основные характеристики языка GPSS
10. Язык GPSS. Пример моделирования одноканальной СМО. Пример моделирования многоканальной СМО.
11. Сети Петри: основные определения
12. Сети Петри: виды сетей Петри, их краткая характеристика
13. Свойства сетей Петри

## 5. Ресурсы

### 5.1. Рекомендуемая основная литература

№п/п	Наименование
1.	Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO : учеб. пособие / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов ; под общ. ред. В.В. Девяткова. — М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2018. — 283 с. - Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/914188">http://znanium.com/catalog/product/914188</a>
2.	Бизнес-аналитика средствами Excel: Учебное пособие / Гобарева Я.Л., Городецкая О.Ю., Золотарюк А.В., - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Вуз.уч., НИЦ ИНФРА-М, 2017. -



336 с.: - (Финансовый универ. при Правительстве РФ) - Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/636239">http://znanium.com/catalog/product/636239</a>
---

## 5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

№п/п	Наименование
1.	Статистический анализ данных в MS Excel: Учебное пособие / Козлов А.Ю., Мхитарян В.С., Шишов В.Ф. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 320 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-004579-5 - Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/558444">http://znanium.com/catalog/product/558444</a>
2.	Количественные методы в экономических исследованиях: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности экономики и управления / Под ред. Грачева М.В., - 2-е изд., перераб. и доп. - М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2015. - 687 с.: 60x90 1/16 ISBN 978-5-238-02331-1 - Режим доступа: <a href="http://znanium.com/catalog/product/884326">http://znanium.com/catalog/product/884326</a>

## 5.3. Программное обеспечение

№п/п	Наименование	Условия доступа
1.	Microsoft Visual Studio 2010/2013	Свободное лицензионное соглашение
2	Microsoft Office	Свободное лицензионное соглашение
3	GPSS	Договор
4	AnyLogic	

## 5.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий используется компьютер с установленным программным обеспечением для демонстрации презентаций и проектор.

Практические занятия проводятся в компьютерных классах с установленным программным обеспечением, перечисленным выше.

## 6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

## 7. Дополнительные сведения

Особенности самостоятельной работы по курсу отражены в Приложении 1.