

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ПиИТ



проф. Махортов С.Д.,
подпись, расшифровка подписи

05.03.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.01.07.03 Моделирование цифрового производства

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

09.03.02 Информационные системы и технологии

2. Профиль подготовки/специализация: Инженерия информационных систем и технологий

3. Квалификация выпускника: Бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Информационных систем

6. Составители программы: Чижов М.И., доктор технических наук, профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована: НМС факультета компьютерных наук протокол № 5 от 05.03.2024 г.

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является: приобретение студентами знаний о принципах моделирования цифрового производства, в том числе на базе имитационного моделирования.

Задачи учебной дисциплины: приобретение знаний о принципах функционирования цифрового производства; приобретение практических навыков работы в построении моделей цифрового производства; приобретение навыков кастомизации систем моделирования цифрового производства; приобретение знаний по развертыванию и поддержке систем моделирования цифрового производства.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина относится к блоку Дисциплины (модули) по выбору 1 (ДВ.1).

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-7 Способен выполнять работы по созданию (кастомизации), использованию и сопровождению систем автоматизированного проектирования и цифровой подготовки производства	ПК-7.2 Знает устройство и функционирование современных систем поддержки ЖЦ, протоколы, интерфейсы и форматы обмена данными	Знать методы интеграции программных модулей в системах моделирования производственных процессов: подходы к объединению моделей различной природы (агентное, дискретно-событийное и системная динамика) для комплексного анализа производственных систем
ПК-7 Способен выполнять работы по созданию (кастомизации), использованию и сопровождению систем автоматизированного проектирования и цифровой подготовки производства	ПК-7.5 Разрабатывает код компонентов программных средств автоматизированных систем подготовки производства	Знать инструменты верификации моделей производственных процессов: методы проверки корректности и адекватности моделей, включая тестирование на основе реальных данных и сценариев Знать методы верификации и валидации моделей: способы проверки адекватности моделей производственных систем, использование тестовых сценариев и реальных данных для оценки точности и достоверности результатов
ПК-7 Способен выполнять работы по созданию (кастомизации), использованию и сопровождению систем автоматизированного проектирования и цифровой подготовки производства	ПК-7.6 Инсталлирует и настраивает операционные системы, СУБД, прикладное ПО, необходимое для функционирования программных средств поддержки ЖЦ	Иметь навыки практического использования программных пакетов прикладного имитационного моделирования производственных систем Уметь анализировать и интерпретировать результаты тестирования: оценивать работоспособность и корректность модели, а также вносить коррективы на основе выявленных проблем.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
Аудиторные занятия		64	48
в том числе:	лекции	32	32
	практические	16	0
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		44	24
Курсовая работа			
Промежуточная аттестация		7	7
Часы на контроль		7	7
Всего		72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Введение в моделирование производственных систем	Основы системного подхода к моделированию. Различные типы моделей: детерминированные и стохастические, дискретные и непрерывные модели. Обзор современных инструментов моделирования в производственной сфере, таких как AnyLogic. Цикл разработки модели: от постановки задачи до анализа результатов	
1.2	Дискретно-событийное моделирование (DES)	Основные принципы и подходы дискретно-событийного моделирования (DES) производственных систем. Представление производства как системы взаимодействующих событий. Ключевые параметры и методы анализа DES-моделей.	
1.3	Агентное моделирование производственных систем (ABM)	Агентное моделирование (ABM) как подход к исследованию сложных систем через взаимодействие независимых агентов. Применение ABM для анализа производственных систем с учетом человеческого фактора и логистики.	
1.4	Системная динамика в производственных системах (SD)	Основы системной динамики (SD) для моделирования и анализа производственных систем. Описание систем на уровне потоков и запасов, динамическое поведение производственных процессов, учет накоплений и дефицитов.	
1.5	Теория массового обслуживания и очереди в производственных системах	Применение теории массового обслуживания для анализа производственных процессов. Моделирование очередей и процессов ожидания. Принципы управления производственными линиями с очередями, их влияние на производительность и эффективность системы.	
2. Практические занятия			
2.1	Цели и задачи моделирования	Обзор и демонстрация простейших производственных моделей с применением AnyLogic. Разбор типичных	

	производственных систем, жизненный цикл модели и ключевые этапы разработки.	ошибок на примере реальных сценариев.	
2.2	Моделирование производственных процессов: разбор цепочек событий и анализ времени простоя и узких мест.	Наглядное моделирование производственного процесса с демонстрацией влияния узких мест и оптимизации времени обработки.	
2.3	Моделирование производственного процесса с агентами-работниками и их взаимодействиями.	Демонстрация модели, где агенты-работники взаимодействуют друг с другом и с производственным оборудованием, влияя на общую производительность системы.	
2.4	Применение системной динамики для моделирования долгосрочного поведения производственных процессов.	Наглядное моделирование управления запасами и производством в условиях динамических изменений спроса с демонстрацией инструментов оптимизации.	
2.5	Анализ эффективности производственной системы с использованием различных стратегий управления очередями.	Наглядное моделирование управления запасами и производством в условиях динамических изменений спроса с демонстрацией инструментов оптимизации.	
3. Лабораторные занятия			
3.1	Введение в системы и модели: определение, классификация, примеры в производственных процессах.	Создание простой модели производственной линии с использованием дискретно-событийного моделирования. Разработка модели производства с применением базовых элементов агентного моделирования.	
3.2	Основы дискретно-событийного моделирования: событийные очереди и время обработки.	Моделирование производственной линии с очередями и станками, анализ временных затрат и производительности. Расширение модели с учетом нескольких потоков и буферных зон.	
3.3	Введение в агентное моделирование: основные концепции и применение в производственных системах.	Построение простой агентной модели, представляющей производственные рабочие группы. Моделирование производственного процесса с агентами-работниками и их взаимодействиями.	
3.4	Основы системной динамики: понятия потоков и запасов, обратные связи в производственных системах.	Построение модели системной динамики для управления запасами на складе. Моделирование производственной системы с учетом изменения спроса и запасов.	
3.5	Основы теории массового обслуживания: понятие очередей и их применение в производственных системах.	Моделирование простейшей системы массового обслуживания с очередями на производственной линии. Анализ эффективности производственной системы с использованием различных стратегий управления очередями.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Введение в моделирование производственных систем	6	3	3	8	20
2.	Дискретно-событийное моделирование (DES)	6	3	3	9	21
3.	Агентное моделирование производственных систем (ABM)	6	3	3	9	21

4.	Системная динамика в производственных системах (SD)	7	3	3	9	22
5.	Теория массового обслуживания и очереди в производственных системах	7	4	4	9	24
	Итого:	32	16	16	44	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Каширская, Е. Н. Моделирование производственных систем : учебное пособие / Е. Н. Каширская. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 85 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/311186 (дата обращения: 22.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2.	Гончаренко, А. Н. Моделирование систем. Инструменты и возможности моделирования производственных систем : учебно-методическое пособие / А. Н. Гончаренко. — Москва : МИСИС, 2020. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/178090 (дата обращения: 22.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Яблочников, Е. И. Моделирование приборов, систем и производственных процессов : учебное пособие / Е. И. Яблочников, Д. Д. Куликов, В. И. Молочник. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2008. — 156 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/40747 (дата обращения: 22.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
4.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2899 Автоматизация конструкторско-технологической подготовки

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Баланов, А. Н. Автоматизация производства. Разработка и внедрение систем управления : учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 392 с. — ISBN 978-5-507-49363-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/417776 (дата обращения: 22.09.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Моделирование цифрового производства (<https://edu.vsu.ru/user/index.php?id=27384>)», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: Лекционная аудитория, оборудованная мультимедийным проектором. Компьютерные классы

факультета для проведения лабораторных занятий. Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» <https://edu.vsu.ru>.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций.

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Введение в моделирование производственных систем	ПК-7	ПК-7.2	<i>Тестовое задание</i>
2.	Дискретно-событийное моделирование (DES)	ПК-7	ПК-7.5	<i>Лабораторные работы</i>
3.	Агентное моделирование производственных систем (ABM)	ПК-7	ПК-7.6	<i>Практическое задание</i>
4.	Системная динамика в производственных системах (SD)	ПК-7	ПК-7.5	<i>Тестовое задание</i>
5.	Теория массового обслуживания и очереди в производственных системах	ПК-7	ПК-7.6	<i>Лабораторные работы</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				<i>Перечень вопросов Практическое задание</i>

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- Тестовые задания
- Лабораторные работы

Примеры тестовых заданий:

Примеры вопросов к тесту:

1 Что такое модель в контексте производственных систем?

- Физическое представление производственного процесса
- Математическое или компьютерное описание производственного процесса +
- Описание стратегии управления производством
- Метод прогнозирования рыночных трендов

2 Что является основным преимуществом моделирования производственных систем?

- Повышение прибыли
- Возможность экспериментов с реальными объектами
- Оценка системы без рисков и затрат на реальных объектах +
- Полное исключение человеческого фактора

3 Какой этап первым следует при разработке модели?

- Валидация модели

- b) Построение модели
- c) Анализ системы и постановка задачи +
- d) Тестирование модели

4 Какие системы называются стохастическими?

- a) Системы, в которых все процессы детерминированы
- b) Системы с элементами случайности и неопределенности +
- c) Системы, использующие только дискретные модели
- d) Системы, не имеющие связей между компонентами

5 Какая из следующих характеристик относится к дискретно-событийному моделированию?

- a) Описание системы через потоковую динамику
- b) Моделирование на основе последовательности событий и их влияния на состояние системы +
- c) Использование агентов для взаимодействия элементов системы
- d) Введение случайных факторов во все процессы

6 Что представляет собой агент в агентном моделировании?

- a) Отдельное событие в производственном процессе
- b) Элемент модели, обладающий собственным поведением и взаимодействующий с другими элементами +
- c) Центральный управляющий компонент модели
- d) Механизм для синхронизации производственных задач

7 Что означает жизненный цикл модели?

- a) Период с момента создания модели до ее удаления
- b) Последовательность этапов разработки, верификации, применения и анализа модели +
- c) Время существования модели на сервере
- d) Процесс поддержки модели

8 Какое ПО обычно используется для моделирования производственных систем?

- a) Photoshop
- b) AnyLogic +
- c) Excel
- d) PowerPoint

9 Какие модели называются непрерывными?

- a) Модели, в которых изменения состояния происходят в дискретные моменты времени
- b) Модели, описывающие изменения состояний системы непрерывно во времени +
- c) Модели, основанные на событиях
- d) Модели, использующие только агентов

10 Что является конечной целью моделирования производственных систем?

- a) Увеличение количества сотрудников
- b) Изучение и улучшение работы реальных производственных процессов +
- c) Построение графиков производительности
- d) Автоматизация всех производственных процессов

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется, если правильные ответы даны более 85 % ответов
- оценка «хорошо» выставляется, если правильные ответы даны более 75 % ответов
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если правильные ответы даны более 65 % ответов
- оценка «неудовлетворительно» если правильные ответы даны менее 50 % ответов.

Описание технологии проведения

Тестирование проводится в электронной форме и оценивается по 5-балльной шкале. Тесты содержат по 15 вопросов. При трех и более ошибочных ответах выставляется оценка «не зачетно»
 При защите лабораторных работ оценивается работоспособность модели, адекватность результатов и общий подход к решению задачи. Задаются дополнительные вопросы уточняющего и теоретического характера. Каждая лабораторная работа оценивается по 5-балльной шкале.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

	Уровень	
--	---------	--

Критерии оценивания компетенций	сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Задание выполнено. Продемонстрировано умение реализовывать различные методы моделирования</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>При решении задач допущены несущественные ошибки, при этом продемонстрированы навыки работы с пакетом ПО</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся демонстрирует частичные знания, допускает существенные ошибки в решении задач</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет решать поставленные задачи</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Перечень вопросов к собеседованию

1. Что такое модель производственной системы и какие основные типы моделей используются в производственных процессах?
2. Какие этапы включает цикл разработки модели производственной системы?
3. В чем заключается различие между детерминированными и стохастическими моделями в контексте производственных процессов?
4. Какие основные принципы лежат в основе дискретно-событийного моделирования (DES)?
5. Какой смысл имеют события и очереди в дискретно-событийных моделях производственных систем?
6. Какие типы узких мест могут возникать в моделях производственных процессов, и как они влияют на производительность?
7. Что такое агентное моделирование (ABM) и как оно применяется для анализа производственных систем?
8. Каковы основные особенности взаимодействия агентов в агентных моделях производственных процессов?
9. Как можно использовать агентное моделирование для оптимизации работы производственных линий?
10. Объясните принципы системной динамики (SD) и её применение в моделировании производственных процессов.
11. Как потоки и запасы описывают поведение производственных систем в системной динамике?
12. Как системная динамика помогает в долгосрочном прогнозировании производственных систем?
13. Что такое теория массового обслуживания и как она используется для моделирования производственных процессов?
14. Как очереди влияют на производительность производственных систем и как они могут быть оптимизированы?
15. Какие ключевые параметры необходимо учитывать при моделировании системы массового обслуживания?
16. Чем отличается верификация модели от ее валидации, и почему эти процессы важны для моделирования производственных систем?
17. Какие инструменты и методы используются для тестирования производственных моделей?
18. Как взаимодействуют различные типы моделей (агентные, дискретно-событийные, системной динамики) в комплексном моделировании производственных систем?
19. Какие стратегии можно использовать для повышения эффективности производственной системы, основанной на результатах моделирования?
20. Какие преимущества и ограничения имеет программное обеспечение AnyLogic для моделирования производственных процессов?

Примеры вопросов к тесту:

1 Какой из следующих типов моделирования фокусируется на последовательности событий и их влиянии на систему?

- а) Системная динамика
- б) Дискретно-событийное моделирование +

- c) Агентное моделирование
- d) Потокное моделирование

2 Что из следующего является основным элементом агентного моделирования?

- a) Состояние системы
- b) Процесс обработки
- c) Агент, обладающий собственным поведением +
- d) Входные данные

3 В каком виде моделирования основное внимание уделяется потокам и запасам?

- a) Дискретно-событийное
- b) Системная динамика +
- c) Агентное
- d) Моделирование очередей

4 Что такое узкое место в производственном процессе?

- a) Элемент, который увеличивает производительность
- b) Элемент, который ограничивает общую производительность системы +
- c) Элемент, который не влияет на скорость работы
- d) Элемент, используемый для хранения запасов

5 Какой подход используется для оценки эффективности производственной системы?

- a) Метод проб и ошибок
- b) Моделирование и анализ результатов +
- c) Полная автоматизация
- d) Оценка только по финансовым показателям

6 Что такое верификация модели?

- a) Проверка модели на соответствие реальным данным
- b) Процесс устранения ошибок в модели
- c) Процесс оценки правильности модели и ее алгоритмов +
- d) Оценка финансовых затрат на модель

7 Какое программное обеспечение используется для визуализации моделей производственных процессов?

- a) Microsoft Word
- b) AnyLogic +
- c) Adobe Illustrator
- d) Notepad

8 Какое из перечисленных утверждений верно для дискретно-событийного моделирования?

- a) Модели работают только с непрерывными потоками
- b) Время изменений происходит непрерывно
- c) Модели основаны на событиях, которые происходят в дискретные моменты времени +
- d) Модели не учитывают очереди и задержки

9 Что означает "валидировать модель"?

- a) Проверять модель на наличие ошибок
- b) Оценивать адекватность модели в соответствии с реальной системой +
- c) Создавать новую модель
- d) Публиковать результаты моделирования

10 Какие элементы входят в системную динамику?

- a) Очереди и состояния
- b) Потоки и запасы +
- c) Модели и алгоритмы
- d) Базы данных и таблицы

11 Какую роль играют агенты в агентном моделировании?

- a) Они являются статичными элементами системы
- b) Они взаимодействуют друг с другом и принимают решения на основе своего состояния +
- c) Они не имеют собственного поведения
- d) Они контролируют только производственные процессы

12 Какой из следующих подходов позволяет моделировать системы с элементами неопределенности?

- a) Дискретно-событийное моделирование
- b) Статическое моделирование
- c) Статистическое моделирование +
- d) Формальное моделирование

13 Какое из перечисленных определений наилучшим образом описывает "теорию массового обслуживания"?

- a) Теория управления запасами
- b) Теория, исследующая поведение клиентов в очереди и эффективность обслуживания +
- c) Теория автоматизации производственных процессов
- d) Теория оптимизации ресурсов

14 Какое из следующих утверждений является верным для производственных моделей?

- a) Модели не могут быть применены к реальным производственным системам
- b) Модели могут быть использованы для прогнозирования и оптимизации производственных процессов +
- c) Модели всегда требуют значительных затрат на реализацию
- d) Модели не учитывают человеческий фактор

15 Какое значение имеет симуляция в моделировании производственных систем?

- a) Она не влияет на процесс моделирования
- b) Она помогает проверить, как система будет вести себя при различных сценариях +
- c) Она увеличивает сложность моделей
- d) Она используется только для визуализации результатов

Описание технологии проведения

Собеседование производится в форме устного ответа на заданный вопрос. При необходимости преподаватель может задавать уточняющие вопросы. Ответ оценивается по 5-бальной шкале.

Тестирование проводится в электронной форме и оценивается по 5-бальной шкале. Тесты содержат по 15 вопросов. При трех и более ошибочных ответах выставляется оценка «не зачетно»

При защите лабораторных работ оценивается работоспособность модели, адекватность результатов и общий подход к решению задачи. Задаются дополнительные вопросы уточняющего и теоретического характера. Каждая лабораторная работа оценивается по 5-бальной шкале.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины, осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

При оценивании результатов промежуточной аттестации используется количественная шкала оценок. Оценка за защиту лабораторных работ (2 балла за каждую защищенную работу) и тест (максимум 5 баллов) складываются с оценкой, полученной на собеседовании, и результат суммируется. Полученное значение определяет уровень сформированности компетенций и итоговую оценку согласно следующей шкале:

- оценка «отлично» - 19..20 баллов
- оценка «хорошо» - 16..18 баллов
- оценка «удовлетворительно» - 11..15 баллов
- оценка «неудовлетворительно» - 0..10 баллов

Описание критериев и шкалы оценивания результатов обучения при промежуточной аттестации.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета.

Текущая аттестация проводится в форме тестов по теоретической части курса, выполняемых в электронном виде в портале «Электронный университет ВГУ», и в форме решения практических задач, выполняемые в компьютерном классе (в лаборатории) факультета компьютерных наук. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования и Положением о балльно-рейтинговой системе факультета компьютерных наук.

При оценивании используются количественные шкалы оценок.