

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Костровец Лариса Борисовна  
Должность: директор  
Дата подписания: 18.05.2026 10:07:04  
Уникальный программный ключ:  
6882606104c36dbde41c4ab93a65382136a292d6

Приложение 4  
к образовательной программе

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.О.08 Математическое и компьютерное моделирование**

---

(индекс, наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

---

09.04.03 Прикладная информатика

---

(код, наименование направления подготовки/специальности)

---

Корпоративные информационные системы

---

(наименование образовательной программы)

---

очная форма обучения

---

(форма обучения)

Год набора - 2026  
Донецк

**Автор(ы)-составитель(и) РПД:**

*Брадул Н.В., кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий*

**Заведующий кафедрой:**

*Брадул Н.В., кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий*

Рабочая программа дисциплины Б1.О.08 «Математическое и компьютерное моделирование» одобрена на заседании кафедры информационных технологий факультета государственной службы и управления Донецкого филиала РАНХиГС.

протокол № 7 от «05» марта 2026 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание и структура дисциплины
4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии их оценивания
5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам
6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине
7. Методические материалы по освоению дисциплины
8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Дисциплина «Математическое и компьютерное моделирование» обеспечивает формирование у обучающихся следующих общепрофессиональных компетенций:

ОТФ/ТФ и реквизиты ПС (при наличии)	Код компетенции	Наименование Компетенции	Код индикатора достижения компетенций	Наименование индикатора достижения компетенций	Образовательный результат
–	ОПК-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	ОПК-1.1	Применяет математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач	ОПК-1.1. <b>З-1 Знает</b> методы формализации, постановки и решения прикладных задач. ОПК-1.1. <b>У-1 Умеет</b> применять математические методы для решения прикладных задач
–	ОПК-7	Способен использовать методы научных исследований и математического моделирования в области проектирования и управления информационными системами	ОПК-7.1	Использует методы математического моделирования для принятия управленческих решений	ОПК-7.1. <b>З-1 Знает</b> методы математического моделирования для решения управленческих задач. ОПК-7.1. <b>У-1 Умеет</b> применять методы математического моделирования для решения управленческих задач

## **2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Общий объем дисциплины:

4,00 з.е., 144 ак.час

Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий: 51 ак. час на контактную работу с преподавателем, из них 14 ак.час на лекции и 26 ак.час на практические занятия. 75 ак. час на самостоятельную работу обучающихся.

Б1.О.08 «Математическое и компьютерное моделирование» реализуется на 2 курсе в 3 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных обучающимися при освоении дисциплины «Методы анализа открытых систем».

### 3. Содержание и структура дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем и (или) разделов	ВСЕГО	Объем дисциплины, ак.час											Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
			Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий								Самостоятельная работа				
			Период теоретического обучения				Период промежуточной аттестации (сессия)								
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		ИК	КСР	КЭ	Катгэк	Контр оль	СРкр	СРэк		
Л	ВЛ	ЛР	ПЗ												
<b>РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b>															
Тема 1.1	Основные понятия компьютерного моделирования	14	2		2								10	устный опрос, индивидуальное задание, контрольное задание	
Тема 1.2.	Планирование компьютерного эксперимента	18	2		4								10	устный опрос, индивидуальное задание, контрольное задание	
<b>РАЗДЕЛ II. ТЕХНОЛОГИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b>															
Тема 2.1.	Моделирование параллельных	16	2		4								10	устный опрос, индивидуальное задание, контрольное задание	

	процессов в сложных системах												
Тема 2.2.	Общая структура моделей системной динамики. Содержание базовой концепции структуризации. Потокосые диаграммы	21	2			6						15	устный опрос, индивидуальное задание, контрольное задание
Тема 2.3.	Диаграммы причинно-следственных связей.	25	4			6						15	устный опрос, индивидуальное задание, контрольное задание
Тема 2.4.	Характеристики системно-динамических моделей проектов	21	2			4						15	устный опрос, индивидуальное задание, контрольное задание
	Промежуточная аттестация	29						2	9			18	Экзамен
<b>ИТОГО</b>		<b>144</b>	<b>14</b>			<b>26</b>		<b>2</b>	<b>9</b>			<b>18</b>	<b>75</b>

*Используемые сокращения:*

Л – лекции - занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации обучающимся педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях,).

ВЛ – видео лекции.

ЛР – лабораторные работы.

ПЗ – практические занятия (за исключением лабораторных работ).

ИК – индивидуальные консультации.

КСР – контроль самостоятельной работы

КЭ – консультации перед экзаменом

Каттэк – контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий

Контроль - контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий для заочной формы обучения

СРкр – самостоятельная работа на подготовку курсовой работы/ курсового проекта.

СРэк – самостоятельная работа на подготовку к экзамену.

СР – самостоятельная работа в семестре на подготовку к учебным занятиям.

## 3.2. Содержание дисциплины

**РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****Тема 1.1. Основные понятия компьютерного моделирования. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

*Содержание лекции:* Определение модели. Общая классификация основных видов моделирования. Компьютерное моделирование. Метод имитационного моделирования. Свойства сложных систем. Сложная система, как объект моделирования. Прикладной системный анализ как методология исследования сложных систем

*Практическая подготовка (практическое занятие):* Обсуждение вопросов: что такое компьютерное моделирование и компьютерная модель? Основные понятия. Классификация компьютерных моделей. Этапы компьютерного моделирования (классическая схема) Преимущества и ограничения компьютерного моделирования. Свойства сложных систем. Сложная система, как объект моделирования.

**Тема 1.2. Планирование компьютерного эксперимента. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

*Содержание лекции:* Стратегическое и тактическое планирование эксперимента. Методы генерации псевдослучайных чисел. Метод статистического моделирования на ЭВМ (метод Монте-Карло). Общая схема метода Монте-Карло. Генераторы случайных чисел. Псевдослучайные числа, методы генерации псевдослучайных чисел. Проверка качества работы генератора случайных чисел. Структурный анализ процессов при использовании объектно-ориентированного подхода.

*Практическая подготовка (практическое занятие):* Решение практических задач: генерирование случайных и псевдослучайных чисел, проверка качества работы генератора случайных чисел, статистическое моделирование методом Монте-Карло.

**РАЗДЕЛ II. ТЕХНОЛОГИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****Тема 2.1. Моделирование параллельных процессов в сложных системах. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

*Содержание лекции:* Виды параллельных процессов. Методы описания и структуризации параллельных процессов. Применение сетевых моделей для описания параллельных процессов. Понятие о модельном времени. Механизм продвижения модельного времени.

*Практическая подготовка (практическое занятие):* Решение практических задач: сетевые модели (Petri nets, графы потоков работ), агентное и дискретно-событийное моделирование.

**Тема 2.2. Общая структура моделей системной динамики. Содержание базовой концепции структуризации. Поточковые диаграммы. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

*Содержание лекции:* Общая структура моделей системной динамики. Описание динамики объекта моделирования в виде потоковых сетей. Поточковая стратификация. Нормативные схемы формирования общей структуры моделей. Использование средств структуризации моделей на этапах технологии моделирования. Поточковые диаграммы.

*Практическая подготовка (практическое занятие):* Решение практических задач: выделить уровни и потоки в описании системы. Построить поточковые диаграммы в нотации системной динамики. Идентифицировать петли обратной связи (R или B). Применить принципы структуризации Форрестера.

**Тема 2.3. Диаграммы причинно-следственных связей. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

*Содержание лекций:* Информационная сеть. Диаграммы причинно-следственных связей. (ДПСС / Causal Loop Diagrams – CLD). Поточковые диаграммы (Stock & Flow Diagrams – SFD). Связь и различия CLD и SFD. Пошаговый алгоритм построения поточковой диаграммы на основе CLD.

*Практическая подготовка (практическое занятие):* Решение практических задач: построить диаграммы причинно-следственных связей по текстовому описанию системы. Преобразовать CLD в корректные поточковые диаграммы (SFD). Выявить ошибки в CLD и SFD. Определить тип петли (R или B) по CLD. Дать качественный прогноз динамики по структуре диаграммы.

**Тема 2.4. Характеристики системно-динамических моделей проектов. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

*Содержание лекции:* История вопроса. Механизм возникновения сбоев в осуществлении проекта. Особенности проектов как объектов моделирования. Почему сетевые графики недостаточны? Основные характеристики системно-динамических моделей проектов. Пример структуры типовой системно-динамической модели проекта.

*Практическая подготовка (практическое занятие):* Решение практических задач: выделение уровней и потоков для проекта. Построение потоковой диаграммы простой модели проекта. Анализ петель в проектной модели. Диагностика по графикам.

#### **4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии оценивания**

4.1. Оценочные материалы по дисциплине «Математическое и компьютерное моделирование» входят в состав оценочных материалов по образовательной программе. Совокупность оценочных материалов по всем дисциплинам (модулям) образовательной программы составляет фонд оценочных средств (далее – ФОС). ФОС используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с целью оценивания достижения обучающимися планируемых результатов обучения.

4.2. ФОС разработан как комплекс проверочных заданий различного типа и уровня сложности, включает критерии и шкалы оценивания, а также «ключи» правильных ответов. ФОС формируется как отдельный документ и хранится в электронном виде, доступ к ФОС предоставлен ограниченному кругу лиц.

4.3. Для самостоятельной работы обучающихся при подготовке к текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации в рабочих программах дисциплин размещены типовые проверочные задания, которые можно условно разделить на задания закрытого, комбинированного и открытого типов.

Задания закрытого типа – это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных.

Задания комбинированного типа – это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных и обосновать свой выбор.

Задания открытого типа – это задания, в которых на каждый вопрос должен быть предложен развернутый обоснованный ответ.

В зависимости от типа задания рекомендованы определенная последовательность выполнения и система оценивания выполнения заданий.

#### 4.4. Типы заданий, сценарии выполнения, критерии оценивания

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких предложенных вариантов	Прочитайте текст, выберите правильный ответ	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Выбрать один верный ответ. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или В).	Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква
Задание закрытого типа на установление соответствия	Прочитайте текст и установите соответствие	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов. 2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 – вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.;	Ответ считается верным, если правильно указаны цифры или буквы

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
		<p>список 2 – утверждения, свойства объектов и т.д.</p> <p>3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов.</p> <p>4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4).</p>	
<p>Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов из нескольких вариантов предложенных</p>	<p>Прочитайте текст, выберите правильные ответы</p>	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько правильных ответов из предложенных вариантов.</p> <p>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Выбрать несколько правильных ответов.</p> <p>4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).</p>	<p>Ответ считается верным, если правильно установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого)</p>
<p>Задание закрытого типа на установление последовательности</p>	<p>Прочитайте текст и установите последовательность</p>	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов.</p> <p>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Построить верную последовательность из предложенных элементов.</p> <p>4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности (например, БВА или 135).</p>	<p>Ответ считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр</p>
<p>Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа из предложенных и обоснованием выбора</p>	<p>Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</p>	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.</p> <p>2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.</p> <p>3. Выбрать один верный ответ.</p> <p>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа.</p> <p>5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа (например, 4 текст обоснования).</p>	<p>Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква и приведены корректные аргументы, используемые при выборе ответа</p>
<p>Задание открытого типа с развернутым ответом</p>	<p>Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ</p>	<p>1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса.</p> <p>2. Продумать логику и полноту ответа.</p> <p>3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки.</p> <p>4. В случае расчетной задачи,</p>	<p>Ответ считается верным:</p> <p>1. Отсутствие фактических ошибок.</p> <p>2. Раскрытие объема используемых понятий (полнота ответа).</p> <p>3. Обоснованность ответа</p>

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
		записать решение и ответ	(наличие аргументов). 4. Логическая последовательность излагаемого материала.

#### 4.5. Общая шкала оценивания результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением БРС

Общая шкала оценивания результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением БРС Донецкого филиала РАНХиГС

Итоговая балльная оценка	Традиционная система	Бинарная система	ECTS	
			Для традиционной системы	Для бинарной системы
90-100	Отлично	Зачтено	A	P/ Passed
80-89	Хорошо		B	P/ Passed
75-79			C	P/ Passed
70-74	Удовлетворительно		B	P/ Passed
60-69		E	P/ Passed	
0-59	Неудовлетворительно	Не зачтено	F	F/Failed

Соотношение баллов за текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию, а также повторную промежуточную аттестацию:

Максимальная сумма баллов за текущий контроль успеваемости	Максимальная сумма баллов за промежуточную аттестацию	Максимальная итоговая балльная оценка	Максимальная сумма баллов за повторную промежуточную аттестацию
100 баллов	100 баллов	100 баллов	100 баллов

#### 5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам

5.1. В ходе реализации дисциплины Б1.О.08 Математическое и компьютерное моделирование используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся (в том числе, задания к контрольным точкам):

устный опрос, индивидуальные задания, контрольные задания.

Таблица 5.1

Распределение баллов по видам учебной деятельности

Наименование Раздела/Темы	Вид задания			
	ЛЗ	ПЗ	ИЗ	КТ
		УО		
P.1.Т.1.1		5	15	10

P.1.T.1.2				
P.2.T.2.1		10	15	10
P.2.T.2.2				
P.2.T.2.3		10	15	10
P.2.T.2.4				
<b>Итого: 100б</b>		<b>25</b>	<b>45</b>	<b>30</b>

ЛЗ – лекционное занятие;  
 УО – устный опрос;  
 ПЗ – практическое занятие;  
 КТ – контрольные точки;  
 ИЗ – индивидуальное задание

5.2. Типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся (вне контрольных точек).

Типовые индивидуальные задания для проверки уровня сформированности компетенций

**РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Темы 1.1 – 1.2**

***Индивидуальное задание № 1***

1. Сгенерировать случайное трехразрядное число, распределенное по равномерному закону в интервале от 0 до 1, с помощью монеты. Точность – три знака после запятой.

2. Используя мультипликативный метод сравнений, сгенерируем три случайных числа при следующих начальных данных:  $k=9$ ,  $b=5$ ,  $u_0=11$ ,  $M=12$ .

3. Используя метод Монте-Карло, оценить площадь круга, уравнение окружности которого имеет вид

$$(x-n)^2 + (y-n)^2 = n^2,$$

где  $n$  – номер по списку в журнале.

**РАЗДЕЛ II. ТЕХНОЛОГИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Темы 2.1-2.2**

***Индивидуальное задание № 2***

Построить агентную модель, которая поможет изучить процесс вывода нового продукта на рынок при следующих условиях.

Рассмотрим относительно небольшой потребительский рынок численностью в  $n*1000$  человек ( $n$  – номер по списку в журнале). С точки зрения реализации модели каждый потребитель будет являться агентом.

Поскольку рассматривается процесс вывода на рынок нового продукта, то изначально никто этим продуктом не пользуется.

Люди начнут покупать продукт под влиянием рекламы.

После этого начального этапа куда более сильное влияние на продажи будет оказывать общение людей друг с другом, рекомендации и положительные отзывы потребителей продукта, побуждающие других на его приобретение.

Ввести в модель случайную составляющую.

**Темы 2.3-2.4**

***Индивидуальное задание № 3***

Построить модель, изучающую распространение инфекционного заболевания среди

населения. Давайте рассмотрим численность населения, равную  $n \cdot 10\,000$  человек ( $n$  – номер по списку в журнале). Вначале заражен только один человек, а все остальные лишь восприимчивы к болезни.

Во время болезни один человек в среднем контактирует с другими с интенсивностью, равной  $1 \cdot n^5$  человека в день. Если заразившийся человек контактирует с восприимчивым к болезни, то вероятность передачи инфекции равняется  $0.1$ .

После того, как человек заражается, инкубационный период длится 10 дней.

Средняя длительность болезни после инкубационного периода (длительность периода, когда этот человек может заражать других) составляет 15 дней.

Выздоровевшие люди получают иммунитет к болезни и не могут снова заболеть.

Критерии оценивания индивидуальных заданий:

Баллы	Критерии
14-15	Выставляется обучающемуся: если выполнены все пункты работы самостоятельно, без ошибок, если предложен более рациональный алгоритм решения задачи.
11-13	Выставляется обучающемуся: если самостоятельно выполнены все пункты работы, допущены незначительные ошибки, если предложен более рациональный алгоритм решения задачи.
7-10	Выставляется обучающемуся: если самостоятельно (или с помощью преподавателя) выполнены все пункты работы, допущены грубые ошибки.
0*-6	Выставляется обучающемуся: если с помощью преподавателя выполнены не все пункты работы, допущены грубые ошибки.

0\* - в журнал академической группы не выставляется

### Устный опрос

Вопросы для опроса:

Разделы (темы) дисциплины	Вопросы для подготовки к индивидуальному устному опросу по темам дисциплины
<b>РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b>	
Тема 1.1. Основные понятия компьютерного моделирования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Свойства сложных систем</li> <li>2. Сложная система как объект моделирования</li> <li>3. Процедурно-технологическая схема построения и исследования моделей сложных систем</li> <li>4. Расчетный, статистический, имитационный и самоорганизующийся методы исследований</li> <li>5. Этапы исследования системы посредством имитационного моделирования.</li> <li>6. Построение концептуальной модели.</li> <li>7. Математические предпосылки создания имитационной модели.</li> </ol>

<p>Тема 1.2. Планирование компьютерного эксперимента</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод статистического моделирования на ЭВМ (метод Монте-Карло).</li> <li>2. Центральная предельная теорема.</li> <li>3. Общая схема метода Монте-Карло.</li> <li>4. Таблицы случайных чисел.</li> <li>5. Генераторы случайных чисел.</li> <li>6. Псевдослучайные числа.</li> <li>7. Методы генерации псевдослучайных чисел.</li> <li>8. Проверка качества работы генератора случайных чисел.</li> <li>9. Структурный анализ процессов при использовании объектно-ориентированного подхода.</li> <li>10. Стратегическое планирование имитационного эксперимента.</li> <li>11. Тактическое планирование экспериментов.</li> </ol>
<p><b>РАЗДЕЛ II. ТЕХНОЛОГИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b></p>	
<p>Тема 2.1. Моделирование параллельных процессов в сложных системах</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды параллельных процессов.</li> <li>2. Методы описания параллельных процессов.</li> <li>3. Применение сетевых моделей для описания параллельных процессов.</li> <li>4. Понятие о модельном времени. Механизм продвижения модельного времени.</li> <li>5. Особенности метода имитационного моделирования</li> <li>6. Статическое и динамическое представление моделируемой системы.</li> <li>7. Понятие адекватности, верификации и валидации модели.</li> <li>8. Применение сетевых моделей для описания параллельных процессов.</li> <li>9. Сети Петри.</li> <li>10. E-сети.</li> </ol>
<p>Тема 2.2. Общая структура моделей системной динамики. Содержание базовой концепции структуризации. Потокосые диаграммы</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите три фундаментальных элемента структуры любой системно-динамической модели (стоки/уровни, потоки/темпы, вспомогательные переменные). Дайте определение каждому.</li> <li>2. Что такое «уровень (stock/накопитель)» в системной динамике? Приведите 3 примера уровней для модели проекта или бизнес-процесса.</li> <li>3. Что такое «темп (flow/поток)» и чем он принципиально отличается от уровня? Как эти два элемента связаны математически (интеграл/производная)?</li> <li>4. Что такое «вспомогательные переменные (конвертеры)»? Для каких целей они используются в модели (агрегация данных, вычисление констант, задание табличных функций)?</li> <li>5. Как обозначаются уровни, потоки и конвертеры в нотации Дж. Форрестера (стандартные символы потоковых диаграмм)?</li> <li>6. Дайте описание динамики объекта моделирования в виде потоковых сетей.</li> <li>7. Что такое потоковая стратификация.</li> <li>8. Что такое информационная сеть.</li> <li>9. В чем заключается «базовая концепция структуризации» системно-динамических моделей? Сформулируйте её основную идею.</li> <li>10. Назовите два типа связей между элементами модели: информационные и материальные потоки. Чем они отличаются с точки зрения направления передачи воздействия?</li> <li>11. Какой главный принцип лежит в основе выделения уровней и потоков? (Ответ: «Уровни определяют состояние системы, потоки — изменение этого состояния»).</li> <li>12. Правило «уровень → темп» или «темп → уровень»? Объясните, что является причиной, а что следствием с точки зрения структуры модели.</li> <li>13. Что такое «задержка (delay)» как структурный элемент? Как она моделируется через последовательность уровней и потоков (материальная задержка vs информационная задержка)?</li> <li>14. Петли обратных связей как основа структуры.</li> </ol>
<p>Тема 2.3. Диаграммы</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое диаграмма причинно-следственных связей? Сформулируйте</li> </ol>

причинно-следственных связей.	<p>её основное назначение.</p> <p>2. В чем главное отличие диаграммы причинно-следственных связей от потоковой диаграммы (блок-схемы процесса)?</p> <p>3. Для решения каких задач обычно применяется причинно-следственная диаграмма, а для каких – потоковая диаграмма?</p> <p>4. Как связаны между собой эти два инструмента при анализе проблем производства или бизнес-процессов?</p> <p>5. Что такое потоковая диаграмма с точки зрения управления процессами? Дайте определение.</p>
Тема 2.4. Характеристики системно-динамических моделей проектов	<p>1. Какие ключевые особенности отличают системно-динамическую модель проекта от моделей в других областях (например, экологических или экономических)?</p> <p>2. Перечислите основные элементы петли обратной связи в модели проекта (причина → следствие → задержка → влияние на исходную причину).</p> <p>3. Приведите пример положительной (усиливающей) обратной связи в проекте (например, «паника → переработки → ошибки → ещё больше паники»).</p> <p>4. Приведите пример отрицательной (балансирующей) обратной связи в проекте (например, «отставание → добавление ресурсов → сокращение отставания»).</p> <p>5. Чем отличается системно-динамическая модель от имитационной модели, построенной методом Монте-Карло для анализа рисков проекта?</p> <p>6. Что может предсказать системно-динамическая модель такого поведения проекта, чего не могут предсказать сетевые графики (например, колебания, циклические перегрузки, обрушение сроков)?</p> <p>7. В чем преимущество агрегированного (макроподхода) системной динамики перед детальным пооперационным планированием?</p> <p>8. Какое поведение проекта называется «осцилляцией» (раскачиванием) и почему оно возникает в системно-динамической модели с задержками?</p>

## Критерии оценивания устного опроса:

Диапазон баллов	Описание критерия
9-10 (5)	Обучающийся полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.
7-8 (4)	Обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.
4-6 (2-3)	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.
0-3 (0-1)	Обучающийся обнаруживает незнание вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

5.3. Один или несколько тематических блоков дисциплины завершаются контрольной точкой (далее – КТ). Текущий контроль успеваемости по дисциплине предусматривает не менее 2 (двух) и не более 10 (десяти) КТ в течение периода освоения дисциплины.

Максимальное количество баллов за любой тип работ в рамках КТ составляет 100 (сто) баллов.

Распределение весовых коэффициентов по КТ в рамках текущего контроля успеваемости по дисциплине и формулы расчета:

Наименование контрольной точки	Максимальное количество баллов за работу в рамках КТ, которое может набрать обучающийся	Коэффициент веса контрольной точки	Результат контрольной точки, участвующий в формировании итоговой балльной оценки по дисциплине
КТ 1	100	0,1	10
КТ 2	100	0,1	10
КТ 3	100	0,1	10
Итого:	х	х	30

Формула расчета результата контрольной точки:

Результат контрольной точки = Количество баллов за работу в рамках КТ (контрольное задание) x Коэффициент веса контрольной точки.

5.4. Формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ и типовые оценочные материалы:

#### **КТ – 1**

##### **Темы 1.1-1.2**

Задача 1. Классификация моделей и выбор подхода

Инженерная компания проектирует новый беспилотный летательный аппарат (дрон).

Необходимо смоделировать:

Аэродинамику дрона в зависимости от формы корпуса.

Поведение автопилота при случайных порывах ветра.

Расход батареи в зависимости от скорости и высоты.

Задание:

Для каждого из трёх перечисленных объектов укажите, какой тип модели (статическая/динамическая, детерминированная/стохастическая, дискретная/непрерывная) наиболее подходит и почему.

Какой из этих объектов требует компьютерного эксперимента, а какой может быть решён аналитически? Обоснуйте.

Назовите главное ограничение, которое не позволяет полностью заменить натурные испытания дрона компьютерным моделированием.

Задача 2. Этапы компьютерного моделирования: «Эпидемия в городе»

Вы работаете в центре общественного здоровья. Вам поручили построить компьютерную модель распространения вирусной инфекции в городе с населением 1 млн человек, чтобы оценить эффективность разных мер: масочного режима, изоляции и вакцинации.

Задание:

Опишите последовательность этапов компьютерного моделирования для этой задачи (5–6 этапов) в виде конкретных действий. Для каждого этапа приведите пример применительно к эпидемии.

Например:

Постановка задачи → (что именно? какая цель? прогноз или сравнение мер?)

Концептуальная модель → (какие переменные? восприимчивые, заразные, выздоровевшие) ... и так далее.

В конце укажите, на каком этапе проверяется адекватность модели, и как это сделать без реальных данных об эпидемии.

Задача 3. Планирование компьютерного эксперимента: «Оптимизация параметров техпроцесса».

На химическом заводе есть реактор, в котором протекает экзотермическая реакция. Компьютерная модель реактора имеет три входных параметра:

$x_1$  – температура на входе (°C, диапазон 50–90)

$x_2$  – концентрация катализатора (% , диапазон 0.5–2.0)

$x_3$  – время реакции (мин, диапазон 10–60)

Целевой показатель (выходная переменная) – выход целевого продукта  $Y$  (%). Вычислительные ресурсы ограничены – можно провести не более 12 прогонов модели.

Задание:

Какая цель планирования эксперимента здесь наиболее подходит: скрининг факторов, построение регрессионной модели или поиск оптимума? Обоснуйте.

Назовите тип плана (полный факторный, дробный факторный, латинский квадрат, случайный отбор точек), который вы предложите для начала, и укажите, сколько прогонов потребуется для ПФЭ  $2^3$  и для дробного факторного плана  $2^{3-1}$ .

Что такое интервал варьирования? Задайте его для  $x_1$ , если основная температура 70 °C.

Предложите конкретный план эксперимента (набор из 8 точек) для двух факторов  $x_1$  и  $x_2$ , если третий фактор временно зафиксирован на среднем уровне. Постройте таблицу.

Задача 4. Адекватность, верификация и валидация: «Модель прочности детали»

Студент построил компьютерную модель расчета прочности детали методом конечных элементов. Модель выдаёт численное значение максимального напряжения  $\sigma_{\max}$ . При сравнении с аналитической формулой для простого случая (прямой брус) расхождение составляет 2%. При сравнении с реальным экспериментом на сложной детали расхождение – 25%.

Задание:

Какой процесс проверки иллюстрирует сравнение с аналитической формулой: верификация или валидация? Почему?

Какой процесс иллюстрирует сравнение с реальным экспериментом?

Назовите три возможные причины большого расхождения (25%) при валидации, даже если верификация пройдена успешно.

Предложите один способ оценить адекватность модели без проведения разрушающего эксперимента (кроме сравнения с уже имеющимися данными).

Задача 5. Планирование эксперимента с факторами разного типа

Вы моделируете экономику условного региона. Факторы (входные переменные):

$F_1$  – налог на прибыль (дискретный: 15%, 20%, 25%)

$F_2$  – процентная ставка (непрерывный, 5–15%)

$F_3$  – наличие/отсутствие инвестиционных льгот (бинарный: да/нет)

Выходные показатели:

$Y_1$  – ВВП региона,  $Y_2$  – уровень безработицы.

Запланирован полный факторный эксперимент. Время одного прогона модели – 20 минут. Доступно вычислительное время – 1 сутки.

Задание:

Сколько прогонов потребуется для полного факторного эксперимента по трём факторам с учётом уровней? Успеете ли вы за сутки?

Если не успеваете, предложите два способа сократить объём эксперимента (разные подходы). Для каждого укажите, чем придётся пожертвовать.

Постройте таблицу эксперимента для факторов  $F_1$  (только 15% и 25%)  $F_3$  (без учёта  $F_2$ ,

временно на среднем значении). Укажите, какой тип плана (рандомизированный, блочный, латинский квадрат) вы выберете для исключения влияния времени суток на прогоны.

Что значит «рандомизация прогонов» и как её выполнить в данном случае?

## КТ – 2

### Темы 2.1-2.2

Задача 1. Параллельные процессы и уровни – «Две сборочные линии»

На заводе есть две параллельные сборочные линии А и В.

Линия А: скорость сборки – 5 изделий в час, брак – 2% (изделия уходят в переработку, которая длится 1 час на изделие до возврата на линию).

Линия В: скорость сборки – 3 изделия в час, брак – 5% (переработка 2 часа). Склад готовой продукции общий. Начальный запас деталей на складе подачи не ограничен.

Задание:

Нарисуйте потоковую диаграмму (уровни / потоки / конвертеры / облака) для этой системы, явно выделив два параллельных процесса сборки и общий процесс переработки брака.

Назовите все уровни (стоки) в вашей модели.

К какому типу связей (материальный или информационный) относится влияние процента брака на скорость поступления в переработку?

Если линии абсолютно независимы материально, но конкурируют за одного оператора контроля (информационный ресурс), как это изменит структуру модели? Опишите словесно.

Задача 2. Базовая концепция структуризации – «Гостиничный номерной фонд»

В гостинице 100 номеров. Бронирование поступает со скоростью 1515 заявок в день, но реальное заселение происходит, только если номер свободен. Клиенты выезжают через 33 дня в среднем (экспоненциальное распределение времени проживания).

Задание (применение принципов Форрестера):

Выделите один уровень (сток) и два потока (тепмы). Постройте потоковую диаграмму.

Объясните, почему здесь работает принцип гетерогенности уровней (что является уровнем, а что – нет).

Какая петля обратной связи (положительная или отрицательная) возникает за счёт ограниченности номерного фонда? Постройте её схему: причина → следствие → ... → возврат.

Если добавить блок «ремонт», который выводит 2 номера в день из эксплуатации на 10 дней, как изменится структура (назовите новый уровень и поток)?

Задача 3. Параллельные процессы + петли – «Обслуживание клиентов в двух очередях»

В банке два типа операций:

Процесс 1: кассы (3 окна, время обслуживания 5 мин, очередь общая).

Процесс 2: консультации (1 окно, время 15 мин, своя очередь).

Клиенты приходят в банк (10 чел/час) и сами выбирают: идут в кассу (80%) или на консультацию (20%). Если очередь в кассу > 10 человек, часть клиентов переключается на консультацию (петля связи между процессами).

Задание:

Постройте диаграмму уровней и потоков для двух параллельных процессов с общим источником входящих клиентов.

Покажите на схеме информационные связи (как длина очереди влияет на выбор клиента).

Это пример положительной или отрицательной обратной связи между очередями? Почему?

Предложите, как изменится структура модели, если добавить приоритет клиентам из кассы при переключении на консультацию.

Задача 4. Структуризация сложной системы – «Цепочка поставок с двумя заводами»

Есть два завода (параллельные процессы производства) и один распределительный центр (РЦ).

Завод 1: производит 20 ед/день, время доставки до РЦ – 2 дня.

Завод 2: производит 30 ед/день, время доставки – 3 дня.

РЦ отгружает клиентам 40 ед/день. На складе РЦ может храниться не более 200 ед. Если запас в РЦ падает ниже 20 ед, оба завода получают сигнал ускорить производство на +20% (но не более 50 ед/день на завод).

Задание (пошаговая структуризация):

Перечислите все уровни (стоки) в системе.

Для каждого потока укажите, является ли он материальным или информационным.

Нарисуйте петлю отрицательной обратной связи, стабилизирующую запас в РЦ.

Как в этой системе проявляется принцип замкнутости причинных связей (по Форрестеру)?

Если добавить параллельный третий завод, что нужно изменить в структуре модели, не перерисовывая её полностью (использовать принцип модульности)?

Задача 5. Моделирование параллельных глобальных процессов – «Лесное хозяйство»

В лесничестве параллельно идут три процесса:

Рост деревьев (запас древесины увеличивается со скоростью  $0.1 \times \text{Запас}$ , но не более  $1000 \text{ м}^3$ ).

Вырубка ( $50 \text{ м}^3/\text{мес}$ , но если запас  $< 30 \text{ м}^3$ , вырубка останавливается).

Посадка ( $20 \text{ м}^3/\text{мес}$ , постоянная).

Дополнительно: каждые 3 месяца проводится инвентаризация (информационная задержка) и если запас  $< 100 \text{ м}^3$ , вырубка снижается на 20% (на следующий месяц).

Задание:

Постройте потоковую диаграмму, выделив три параллельных процесса (рост, рубка, посадка).

Где в этой системе материальные задержки? Где информационные задержки?

Какая петля обратной связи (усиливающая или балансирующая) создаётся через инвентаризацию и снижение рубки?

Почему модель включает ограничение роста (не более  $1000 \text{ м}^3$ ) – какой принцип моделирования это отражает?

Что произойдёт, если убрать информационную задержку (инвентаризация станет мгновенной)? Ухудшится или улучшится устойчивость системы?

### КТ – 3

#### Темы 2.3-2.4

Решения задач необходимо выполнить с рисунками в ПО AnyLogic.

Задача 1. Диаграмма причинно-следственных связей

IT-компания разрабатывает мобильное приложение. Проект отстает от графика на 4 недели при общем сроке 6 месяцев. Руководитель просит провести анализ причин.

Задание:

Постройте диаграмму Исикавы («рыбья кость») для проблемы «Срыв срока сдачи проекта».

Используйте категории 5M+E (Man, Machine, Method, Material, Measurement, Environment).

Для каждой категории укажите не менее двух конкретных потенциальных причин, релевантных для IT-проекта (а не для производства).

Выделите три наиболее вероятные корневые причины и кратко обоснуйте свой выбор.

Задача 2. Потоковая диаграмма (блок-схема) – «Согласование бюджета»

В компании действует процесс согласования бюджета отдела:

Менеджер готовит заявку.

Заявка направляется руководителю отдела (проверка в течение 1 дня).

Если бюджет  $< 500$  тыс. руб., заявку утверждает финансовый контролер (1 день).

Если бюджет  $\geq 500$  тыс. руб., заявку рассматривает финансовый директор (до 3 дней).

При отклонении на любом этапе заявка возвращается менеджеру на доработку.

После утверждения заявка передается в бухгалтерию для оплаты.

Задание:

Нарисуйте потоковую диаграмму (flowchart) данного процесса, используя стандартные символы (терминатор, процесс, решение, документ, стрелки).

Отметьте на диаграмме три потенциальных «узких места» (места возможных задержек).

Предложите одно изменение в процессе, которое сократит среднее время согласования на 30%.

Задача 3. Диаграмма причинно-следственных связей → потоковая диаграмма (связка)

На складе интернет-магазина выросло время комплектации заказа с 2 часов до 12 часов. Предварительный анализ показал возможные причины: нехватка персонала, неудобная планировка стеллажей, частые ошибки в адресах хранения товаров.

Задание:

Постройте упрощенную диаграмму Исикавы для проблемы «Увеличение времени комплектации заказа» (минимум 5 причин, обязательно наличие перекрестных связей – когда одна причина влияет на другую).

На основе диаграммы причин создайте потоковую диаграмму процесса комплектации (от получения заказа до передачи в доставку) с выделенным блоком, который наиболее подвержен влиянию выявленных причин.

Напишите одну петлю обратной связи (положительную или отрицательную), которая может объяснять рост времени комплектации.

Задача 4. Характеристики системно-динамической модели проекта – «Эффект переработок»

В проектном офисе сложилась практика: при отставании от графика менеджер требует от команды сверхурочной работы (на 50% больше нормы). В первые 2 недели продуктивность растет, но затем из-за усталости растет число ошибок, и команда тратит время на их исправление. В итоге отставание не уменьшается, а иногда даже растет.

Задание:

Назовите тип обратной связи (положительная или отрицательная), которая доминирует в первые 2 недели, и тип обратной связи, которая доминирует после 3 недель переработок.

Перечислите три уровня (стоки) и три потока (темпы), которые должны присутствовать в системно-динамической модели, описывающей этот эффект.

Опишите словами нелинейную зависимость между «количеством сверхурочных часов» и «чистой продуктивностью» (скоростью выполнения новых работ без учета исправления ошибок).

Что предскажет модель, если увеличить начальное отставание в 2 раза? (Укажите хотя бы два возможных нетривиальных последствия).

Критерии оценивания контрольных заданий:

Балы	Описание критерия
90-100	Обучающимся задание выполнено без ошибок и в полном объеме.
75-89	Обучающимся в целом задание выполнено, имеются отдельные неточности или недостаточно полные ответы, не содержащие ошибок.
60-74	Обучающимся допущены отдельные ошибки при выполнении задания
0*-73	У обучающегося отсутствуют ответы на большинство вопросов задачи, задание не выполнено или выполнено не верно.

0\* - в журнал академической группы не выставляется

5.5. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий.

Для решения контрольных заданий обучающемуся необходимо использовать программное обеспечение AnyLogic.

## 6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине

6.1. Промежуточная аттестация (экзамен) проводится в письменной форме. Обучающийся получает экзаменационный билет с вариантами задач. Необходимо дать ответ в письменном виде, подробно изложив ход решения, при необходимости завершить решение выводами.

#### 6.2. Типовые оценочные материалы промежуточной аттестации

Типовые проверочные задания для самоподготовки обучающегося к промежуточной аттестации.

Задания открытого типа

#### **Темы 1.1-1.2. Основные понятия компьютерного моделирования. Планирование компьютерного эксперимента. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

Задача 1. Комплексная: от классификации до анализа результатов

Группа исследователей изучает разгон электромобиля. Компьютерная модель имитирует движение с учётом:

массы автомобиля (1000–1500 кг),

мощности двигателя (50–200 кВт),

коэффициента сцепления шин (0.6–1.0),

случайных микронеровностей дороги (стохастическая компонента).

Цель – найти, как факторы влияют на время разгона 0–100 км/ч. Запланирован вычислительный эксперимент из 30 прогонов.

Задание:

1. Классификация модели. Укажите тип модели по каждому из признаков: статическая/динамическая, детерминированная/стохастическая, дискретная/непрерывная. Объясните, почему вы так решили.

2. Постановка цели эксперимента. Сформулируйте три возможные цели компьютерного эксперимента для данной модели (одна – для поиска влияния факторов, одна – для оптимизации, одна – для проверки гипотезы).

3. Выбор плана эксперимента. У вас три непрерывных фактора (масса, мощность, сцепление) + случайный шум. Предложите:

Какой тип плана минимизирует число прогонов для оценки линейных эффектов?

Сколько прогонов потребовалось бы для ротатбельного центрального композиционного плана RSM (для трёх факторов)? Оцените (не обязательно точное число).

4. Учёт стохастичности. Модель содержит случайную компоненту. Как нужно изменить процедуру эксперимента (количество прогонов, обработку результатов) при наличии стохастичности? Нужна ли репликация? Если да, то как её организовать?

5. Интерпретация результатов (гипотетическая). После эксперимента получено уравнение регрессии:

$$T=12.0-0.03\times P-2.1\times\mu+0.004\times M$$

где  $T$  – время разгона (с),  $P$  – мощность (кВт),  $\mu$  – сцепление,  $M$  – масса (кг).

Какой фактор сильнее всего влияет на время разгона?

Почему коэффициент при массе положительный? Это ожидаемо?

Есть ли в модели взаимодействие факторов? Как бы вы его проверили?

6. Практическая рекомендация. Основываясь на уравнении, дайте конкретный совет инженеру: что выгоднее изменить для уменьшения времени разгона – уменьшить массу на 100 кг или увеличить мощность на 20 кВт? Вычислите изменение  $T$  для обоих вариантов.

#### **Темы 2.1-2.2. Моделирование параллельных процессов в сложных системах. Общая структура моделей системной динамики. Содержание базовой концепции структуризации. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

Задача 1. Комплексная: параллельные проекты + системная динамика – «Два IT-проекта с общим ресурсом»

Компания одновременно ведёт два проекта:

Проект А: 1000 задач, продуктивность команды 20 задач/день (но падает при перегрузке).

Проект В: 500 задач, продуктивность 10 задач/день.

У них общий пул разработчиков (20 человек). Каждый разработчик может работать только над одним проектом в день. Руководство каждый день перераспределяет людей туда, где текущее отставание от графика больше. В модели присутствует задержка: изменение состава команды влияет на продуктивность через 2 дня (адаптация). Также есть положительная петля: «отставание → больше людей → перегрузка → ошибки → доработки → ещё больше отставание».

Задание:

1. Параллельные процессы. Нарисуйте укрупнённую потоковую диаграмму двух параллельных проектов с общим пулом людей. Обязательно покажите: уровни Оставшаяся работа (А) и Оставшаяся работа (Б) и информационную связь от них к темпу Перераспределение.

2. Принцип гетерогенности уровней. Какие разнородные уровни (материальные, информационные, человеческие) присутствуют в этой системе? Перечислите минимум 4.

3. Смена доминирования петель. В какой фазе проекта (ранней/поздней) будет доминировать балансирующая петля (выравнивание загрузки), а в какой – усиливающая петля (ошибки и доработки)? Почему?

4. Концепция структуризации потока. Как модель учитывает, что изменение состава команды не приводит к мгновенному росту продуктивности? Какой структурный элемент (задержку) нужно добавить между потоком «назначение людей» и потоком «скорость выполнения задач»?

5. Эксперимент с моделью. Предскажите, что произойдёт, если увеличить период адаптации с 2 до 5 дней (при сохранении всех параметров). Возникнут ли колебания (осцилляции)? Да или нет и почему?

6. Границы модели. Какие процессы оставлены за бортом («в облаке») в этой модели? Назовите 2–3 фактора, которые могли бы быть важны, но исключены для упрощения (используя принцип разумной границы модели).

### **Тема 2.3-2.4. Диаграммы причинно-следственных связей. Потоковые диаграммы. Характеристики системно-динамических моделей проектов. ОПК-1.1, ОПК-7.1.**

Задача 1. Совместное применение трех инструментов – «Внедрение новой CRM»

Компания внедряет новую CRM-систему. После 2 месяцев использования отдел продаж жалуется:

Снизилось количество обработанных заявок на 20%.

Выросло время ввода данных.

Растет число недовольных клиентов (из-за медленных ответов).

Менеджер проекта подозревает, что проблема не только в обучении, но и в самой системе, и в сопротивлении персонала.

Задание:

1. Диаграмма Исикавы. Постройте «рыбью кость» для проблемы «Падение производительности отдела продаж после внедрения CRM», минимум 6 причин (минимум две категории на ваш выбор, отличные от стандартных 5М).

2. Потоковая диаграмма. Нарисуйте упрощенную блок-схему процесса «Обработка входящей заявки» до внедрения CRM и после внедрения CRM (две диаграммы). Отметьте, какие шаги добавились или удлинились.

3. Характеристики системно-динамической модели. Назовите один уровень (сток) и один темп (поток), которые изменяются из-за снижения производительности.

4. Предложите одну петлю обратной связи, которая может привести к дальнейшему ухудшению ситуации (например, «меньше продаж → хуже настройка CRM → еще меньше продаж»).

5. Рекомендация. Основываясь на трех инструментах, дайте конкретное, а не общее решение проблемы (не «улучшить обучение», а что именно сделать).

Задача 2. Анализ характеристик системно-динамической модели проекта – «Дедлайн горит»

Вы получили системно-динамическую модель проекта (описание приведено кратко).

Параметры модели:

Уровни: Оставшаяся работа (задачи), Накопленные дефекты, Усталость команды (условные единицы).

Темпы: Скорость выполнения работ (зависит от численности и продуктивности), Скорость генерации дефектов (растет при усталости  $>50$  ед.), Скорость исправления дефектов (требует времени).

Петли:

R1 (положительная): Оставшаяся работа  $\downarrow \rightarrow$  добавляем ресурсы  $\rightarrow$  Скорость выполнения  $\uparrow \rightarrow$  Оставшаяся работа  $\downarrow$  (усиление).

B1 (отрицательная): Усталость  $\uparrow \rightarrow$  продуктивность  $\downarrow \rightarrow$  Скорость выполнения  $\downarrow \rightarrow$  Оставшаяся работа  $\uparrow \rightarrow$  давление  $\uparrow \rightarrow$  переработки  $\uparrow \rightarrow$  Усталость  $\uparrow$ .

Задания:

1. Задание на характеристики. Определите, какая петля (R1 или B1) при типичных начальных условиях будет преобладать в начале проекта, а какая – в финальной фазе при сильном отставании. Почему?

2. Непрерывность и дискретность. В данной модели время непрерывное. Назовите один аспект проекта, который лучше моделировать дискретно, и объясните, к какой ошибке приведет его непрерывное представление.

3. Статический и динамический анализ. Сетевой график (статика) предсказывает сдачу проекта через 10 дней. Системно-динамическая модель с учетом усталости и дефектов предсказывает сдачу через 23 дня.

Какие две динамические характеристики (из списка в задании) создают этот разрыв?

4. Эксперимент с моделью. Если в 10 раз увеличить начальное значение Усталость команды (как если бы команда пришла уже перегруженной), изменится ли качественно поведение модели (например, появятся колебания вместо плавного роста)? Напишите предполагаемый график Оставшаяся работа по времени.

5. Верификация модели. Назовите три способа проверить адекватность этой модели до того, как использовать её для управления проектом (не требуя реального прогона проекта).

### 6.3. Критерии и шкала оценивания на основе БРС.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ	РЕЗУЛЬТАТ В БАЛЛАХ
Дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок	90-100
Дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где обучающийся демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.	75-89
Дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.	60-74

<p>Дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено, т.е. обучающийся не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	1-59
---	------

## 7. Методические материалы по освоению дисциплины (модуля)

### Подготовка к лекциям.

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин. Каждому обучающемуся следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

### Самостоятельная работа на лекции.

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность обучающегося. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

### Подготовка к практическим занятиям.

Подготовку к каждому практическому занятию каждый обучающийся должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. На основе индивидуальных предпочтений обучающемуся необходимо самостоятельно выбрать тему доклада по проблеме практического занятия и по возможности подготовить по нему

презентацию. Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции (устно или 10 письменно). Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности обучающегося свободно ответить на теоретические вопросы практического занятия, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

Структура практического занятия:

В зависимости от содержания и количества отведенного времени на изучение каждой темы может практическое занятие состоять из четырех-пяти частей:

1. Обсуждение теоретических вопросов, определенных программой дисциплины.
2. Выполнение практического задания с последующим разбором полученных результатов или обсуждение практического задания, выполненного дома, если это предусмотрено программой.
3. Подведение итогов занятия.

Первая часть – обсуждение теоретических вопросов – проводится в виде фронтальной беседы со всей группой и включает выборочную проверку преподавателем теоретических знаний обучающихся. Примерная продолжительность – до 15 минут. Если программой предусмотрено выполнение практического задания в рамках конкретной темы, то преподавателями определяется его содержание и дается время на его выполнение, а затем идет обсуждение результатов. Если практическое задание должно было быть выполнено дома, то на практическом занятии преподаватель проверяет его выполнение (устно или письменно). Примерная продолжительность – 40-60 минут. Подведением итогов заканчивается практическое занятие. Обучающимся должны быть объявлены оценки за работу и даны их четкие обоснования. Примерная продолжительность – 5 минут.

Работа с литературными источниками.

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем, что позволяет обучающимся проявить свою индивидуальность в рамках выступления на занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

## **8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет**

### 8.1. Основная литература

- Черникова О. С., Карманов В. С. Компьютерное моделирование : учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2021. – 100 с. – Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/306374>
- Совертков П. И. Компьютерное моделирование. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 424 с. - Текст: электронный. URL: <https://e.lanbook.com/book/339761>

### 8.2. Дополнительная литература

- Ефимова И. Ю. и др. Компьютерное моделирование: учебное пособие. – Москва: ФЛИНТА, 2023. – 70 с. - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/348245>
- Александрова Н. А. Компьютерное моделирование: учебное пособие. – Волгоград: Волгоградский, 2021. – 128 с. - Текст: электронный. - URL: <https://e.lanbook.com/book/247436>

### 8.3. Нормативные правовые документы и иная правовая информация

Не используются

#### 8.4. Интернет-ресурсы

ЭБС «ЗНАНИУМ» <https://znanium.ru/>

Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» <https://cyberleninka.ru/>

ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com/>

Российский сайт системы AnyLogic — [anylogic.ru](http://anylogic.ru)

Официальный русскоязычный ресурс системы имитационного моделирования AnyLogic. Содержит учебные пособия, видеоматериалы, описание версий, примеры моделей и новостную ленту.

Национальное общество имитационного моделирования (НОИМ) России — [simulation.su](http://simulation.su)  
Профессиональное сообщество, занимающееся развитием имитационного моделирования в России. На сайте представлены методические материалы, обзоры литературы, календарь конференций и публикации.

### **9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства: - Libre Office (лицензия Mozilla Public License v2.0.) - 7-Zip (лицензия GNU Lesser General Public License) - AIMP (лицензия LGPL v.2.1) - STDU Viewer (freeware for private non-commercial or educational use) - GIMP (лицензия GNU General Public License) - Inkscape (лицензия GNU General Public License).

Для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, закреплены аудитории согласно расписанию учебных занятий: рабочее место преподавателя, посадочные места по количеству обучающихся, доска меловая, персональный компьютер с лицензированным программным обеспечением общего назначения, мультимедийный проектор, экран, интерактивная панель.