

Министерство образования и науки Астраханской области  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
Астраханской области высшего образования  
«Астраханский государственный архитектурно-строительный  
университет»  
(ГБОУ АО ВО «АГАСУ»)

---



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины**

«Имитационное моделирование»

*(указывается наименование в соответствии с учебным планом)*

**По направлению подготовки**

09.04.02 «Информационные системы и технологии»

*(указывается наименование направления подготовки в соответствии с ФГОС ВО)*

**Направленность (профиль)**

«Искусственный интеллект в проектировании городской среды»

*(указывается наименование направленности (профиля) в соответствии с ОПОП)*

**Кафедра**

Системы автоматизированного проектирования и моделирования

Квалификация выпускника *магистр*

**Разработчик:**

К.т.н., доцент  
(занимаемая должность,  
учёная степень и учёное звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/С.В. Окладникова/  
(И. О. Ф.)

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
«Системы автоматизированного проектирования и моделирования»  
протокол № 9 от 22.04.2024г.

И.о. заведующего кафедрой

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/В.В. Соболева /  
(И. О. Ф.)

**Согласовано:**

Председатель МКН «Информационные системы и технологии»  
направленность(профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды»

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

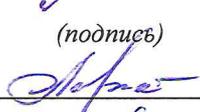
/В.В. Соболева/  
И.О.Ф.

Начальник УМУ

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

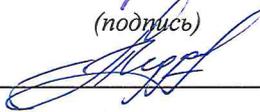
/О.К. Беломаров/  
(И.О.Ф.)

Специалист УМУ

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

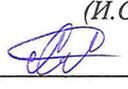
/С.А. Степанов /  
(И.О.Ф.)

Начальник УИТ

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/А.В. Зыря /  
(И.О.Ф.)

Заведующая научной библиотекой

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/С.В. Табурникова/  
(И.О.Ф.)

## Содержание

1. Цель освоения дисциплины .....	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	4
3. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата .....	4
4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по типам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....	5
5. Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и типов учебных занятий .....	6
5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по типам учебных занятий и работы обучающихся (в академических часах) .....	6
5.1.1. Очная форма обучения .....	6
5.1.2. Заочная форма обучения .....	7
5.1.3. Очно-заочная форма обучения .....	7
5.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам .....	8
5.2.1. Содержание лекционных занятий .....	8
5.2.2. Содержание лабораторных занятий .....	8
5.2.3. Содержание практических занятий .....	9
5.2.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	9
5.2.5. Темы контрольных работ .....	10
5.2.6. Темы курсовых проектов/ курсовых работ .....	10
6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	10
7. Образовательные технологии .....	11
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	12
8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	12
8.2. Перечень необходимого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	13
8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, доступных обучающимся при освоении дисциплины .....	13
9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	14
10. Особенности организации обучения по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья .....	15

## **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «*Имитационное моделирование*» является углубление уровня освоения компетенций обучающихся в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии».

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими компетенциями:

**ПК-1ИИП** - Способен исследовать применение интеллектуальных систем для различных предметных областей.

**ПК-1.1ИИП** - Исследует направления применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей.

В результате освоения дисциплины, обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения:

### **Знать:**

ПК-1.1ИИП. З-1. Знает направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта;

### **Уметь:**

ПК-1.1ИИП. У-1. Умеет осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта.

## **3. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата**

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 «Имитационное моделирование» реализуется в рамках Блока 1 «Дисциплины (модули)»: части формируемой участниками образовательных отношений (элективные дисциплины (по выбору)).

Дисциплина базируется на основах обучения, полученных в рамках изучения дисциплин: «Системы поддержки принятия решений».

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по типам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

<b>Форма обучения</b>	<b>Очная</b>	<b>Заочная</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Трудоемкость в экзаменных единицах:	<b>3 семестр – 3 з.е.; всего – 3 з.е.</b>	<b>3 семестр – 3 з.е.; всего – 3 з.е.</b>
Лекции (Л)	3 семестр – 28 часов; <b>всего – 28 часов</b>	3 семестр – 6 часов; <b>всего – 6 часов</b>
Лабораторные занятия (ЛЗ)	3 семестр – 28 часов; <b>всего – 28 часов</b>	3 семестр – 8 часов; <b>всего – 8 часов</b>
Практические занятия (ПЗ)	учебным планом <i>не предусмотрены</i>	учебным планом <i>не предусмотрены</i>
Самостоятельная работа (СР)	3 семестр – 52 часа; <b>всего – 52 часа</b>	3 семестр – 94 часа; <b>всего – 94 часа</b>
<b>Форма текущего контроля:</b>		
Контрольная работа	3 семестр	3 семестр
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>		
Экзамены	3 семестр	3 семестр
Зачет	учебным планом <i>не предусмотрены</i>	учебным планом <i>не предусмотрены</i>
Зачет с оценкой	учебным планом <i>не предусмотрены</i>	учебным планом <i>не предусмотрены</i>
Курсовая работа	учебным планом <i>не предусмотрены</i>	учебным планом <i>не предусмотрены</i>
Курсовой проект	учебным планом <i>не предусмотрены</i>	учебным планом <i>не предусмотрены</i>

**5. Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и типов учебных занятий**

**5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по типам учебных занятий и работы обучающихся (в академических часах)**

**5.1.1. Очная форма обучения**

№ п/п	Раздел дисциплины. (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по типам учебных занятий и работы обучающихся				Форма текущего контроля и промежуточной аттеста- ции
				контактная			СР	
				Л	ЛЗ	ПЗ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Раздел 1. Методологические основы имитационного моделирования	26	3	6	-	-	20	контрольная работа экзамен
2.	Раздел 2. Имитационное моделирование на основе событийно-ориентированного подхода	34	3	6	8	-	20	
3.	Раздел 3. Планирование и выполнение имитационного эксперимента	20	3	6	8	-	6	
4.	Раздел 4. Инструментальные средства имитационного моделирования	28	3	10	12	-	6	
<b>Итого:</b>		<b>108</b>		<b>28</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>52</b>	

### 5.1.2. Заочная форма обучения

№ п/п	Раздел дисциплины. (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по типам учебных занятий и работы обучающихся				Форма текущего контроля и промежуточной аттеста- ции
				контактная			СР	
				Л	ЛЗ	ПЗ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Раздел 1. Методологические основы имитационного моделирования	26	3	1	-	-	25	контрольная работа экзамен
2.	Раздел 2. Имитационное моделирование на основе событийно-ориентированного подхода	34	3	1	2	-	31	
3.	Раздел 3. Планирование и выполнение имитационного эксперимента	20	3	2	2	-	16	
4.	Раздел 4. Инструментальные средства имитационного моделирования	28	3	2	4	-	22	
<b>Итого:</b>		<b>108</b>		<b>6</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>94</b>	

### 5.1.3. Очно-заочная форма обучения

«ОПОП не предусмотрено»

## 5.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам

### 5.2.1. Содержание лекционных занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	2	3
1.	Раздел 1. Методологические основы имитационного моделирования	Математическое, аналитическое и имитационное моделирование. Классификация моделей. Принципы и методы построения имитационных моделей. Системный анализ и этапы имитационного моделирования сложных систем. Проектирование и разработка имитационных моделей сложных объектов и систем. Основные направления и перспективы развития имитационного моделирования. <i>Направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>
2.	Раздел 2. Имитационное моделирование на основе событийно-ориентированного подхода	Методы моделирования дискретно-событийных и динамических систем. Событийно-ориентированный подход для анализа и моделирования информационных систем. <i>Направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>
3.	Раздел 3. Планирование и выполнение имитационного эксперимента	Имитационные эксперименты для исследования и оптимизации модели. Статистическая обработка результатов эксперимента. Прогнозирование параметров системы. <i>Направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>
4.	Раздел 4. Инструментальные средства имитационного моделирования	Системы компьютерного моделирования. Технологические возможности систем моделирования. Моделирование объектов и процессов в среде AnyLogic. Имитационное моделирование и облачные технологии. <i>Направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>

### 5.2.2. Содержание лабораторных занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	2	3
1.	Раздел 2. Имитационное моделирование на основе событийно-ориентированного подхода	Входное тестирование. Лабораторная работа № 1. Создание модели мячика <i>Декомпозиция решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>
2.	Раздел 3. Планирование и выполнение имитационного эксперимента	Лабораторная работа № 2. Стейтчарты: модель пешеходного перехода <i>Декомпозиция решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>

3.	Раздел 4. Инструментальные средства имитационного моделирования	Лабораторная работа № 3. Построение модели маятника Лабораторная работа № 4. Модель обработки документов в организации <i>Декомпозиция решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>
----	---	--

### 5.2.3. Содержание практических занятий

Учебным планом не предусмотрены

### 5.2.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

#### Очная форма обучения

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1.	Раздел 1. Методологические основы имитационного моделирования	Изучение теоретического материала по рекомендованной в рабочей программе литературе и методического материала, размещенного на образовательном портале АГАСУ. Подготовка к контрольной работе, итоговому тестированию, экзамену.	[4, 9,12,15]
2.	Раздел 2. Имитационное моделирование на основе событийно-ориентированного подхода		[3, 8,9,13,14,15]
3.	Раздел 3. Планирование и выполнение имитационного эксперимента		[4,9,12,14,15]
4.	Раздел 4. Инструментальные средства имитационного моделирования		[1,2, 5, 6,7,10,11,14]

#### Заочная форма обучения

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1.	Раздел 1. Методологические основы имитационного моделирования	Изучение теоретического материала по рекомендованной в рабочей программе литературе и методического материала, размещенного на образовательном портале АГАСУ. Подготовка к контрольной работе, итоговому тестированию, экзамену.	[4, 9,12,15]
2.	Раздел 2. Имитационное моделирование на основе событийно-ориентированного подхода		[3, 8,9,13,14,15]
3.	Раздел 3. Планирование и выполнение имитационного эксперимента		[4,9,12,14,15]

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
4.	Раздел 4. Инструментальные средства имитационного моделирования		[1,2, 5, 6,7,10,11,14]

#### 5.2.5. Темы контрольных работ

1. Методологические основы имитационного моделирования
2. Имитационное моделирование на основе событийно-ориентированного подхода

#### 5.2.6. Темы курсовых проектов/ курсовых работ

Учебным планом не предусмотрены.

### 6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Организация деятельности студента
<p><b><u>Лекция</u></b></p> <p>В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и лабораторные рекомендации. Необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Целесообразно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.</p>
<p><b><u>Лабораторное занятие</u></b></p> <p>Целью лабораторных занятий является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных студентами на лекциях и в процессе самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков.</p> <p>На лабораторных занятиях студент вначале знакомится с содержанием работы, пользуясь электронными методическими материалами, размещенными на образовательном портале АГАСУ, затем выполняет задание и показывает результаты преподавателю. Лабораторные работы, выполняются студентом самостоятельно, возникающие при их выполнении проблемы разрешаются в рамках учебного времени и индивидуальных и групповых консультаций.</p>
<p><b><u>Самостоятельная работа</u></b></p> <p>Самостоятельная работа студента над усвоением учебного материала по учебной дисциплине может выполняться в помещениях для самостоятельной работы, а также в домашних условиях. Содержание самостоятельной работы студента определяется учебной программой дисциплины, методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя.</p> <p>Самостоятельная работа в аудиторное время включает работу с учебно-методическим материалом, выполнение заданий практических работ.</p> <p>Самостоятельная работа во внеаудиторное время может состоять из:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повторения теоретического материала;</li> <li>– подготовки к лабораторным занятиям;</li> <li>– подготовка к итоговому тестированию;</li> <li>– изучения учебной и научной литературы;</li> </ul>

- подготовки к контрольной работе;
- самопроверка изученного учебного материала.

### **Контрольная работа**

Теоретическая и практическая части контрольной работы выполняются по установленным темам (вариантам) с использованием практических материалов, полученных на практических (лабораторных) занятиях и при прохождении практики. К каждой теме контрольной работы рекомендуется примерный перечень основных вопросов, список необходимой литературы. Необходимо изучить литературу, рекомендуемую для выполнения контрольной работы. Чтобы полнее раскрыть тему, следует использовать дополнительные источники и материалы. Инструкция по выполнению контрольной работы находится в методических материалах по дисциплине

### **Подготовка к экзамену**

Подготовка студентов к экзамену включает две стадии:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену.

## **7. Образовательные технологии**

Перечень образовательных технологий, используемых при изучении дисциплины «Имитационное моделирование».

### **Традиционные образовательные технологии**

Дисциплина «Имитационное моделирование» проводится с использованием традиционных образовательных технологий, ориентирующихся на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения), учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер. Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Лабораторное занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

### **Интерактивные технологии**

По дисциплине «Имитационное моделирование» лекционные занятия проводятся с использованием следующих интерактивных технологий:

Лекция-визуализация представляет собой визуальную форму подачи лекционного материала средствами ТСО или аудиовидеотехники (видео-лекция). Чтение такой лекции сводится к развернутому или краткому комментированию просматриваемых визуальных материалов (в виде схем, таблиц, графов, графиков, моделей). Лекция-визуализация помогает студентам преобразовывать лекционный материал в визуальную форму, что способствует формированию у них профессионального мышления за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов.

По дисциплине «Имитационное моделирование» лабораторные занятия проводятся с использованием следующих интерактивных технологий:

Работа в малых группах – это одна из самых популярных стратегий, так как она дает всем обучающимся (в том числе и стеснительным) возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия). Все это часто бывает невозможно в большом коллективе.

Разработка проекта (метод проектов) – организация обучения, при которой учащиеся приобретают знания в процессе планирования и выполнения практических заданий-проектов.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

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

#### **а) основная учебная литература:**

1. Боев, В. Д. Концептуальное проектирование систем в AnyLogic и GPSS World: учебное пособие / В. Д. Боев. – 3-е изд. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 542 с. – ISBN 978-5-4497-0858-8. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/102016.html>
2. Бурьков Д.В. Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем: учебное пособие / Бурьков Д.В., Волощенко Ю.П. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – 159 с. – ISBN 978-5-9275-3625-2. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/107953.html>
3. Гончаренко, А. Н. Моделирование систем. Возможности использования имитационного моделирования при формировании систем: методическое пособие / А. Н. Гончаренко. – Москва: Издательский Дом МИСиС, 2020. – 42 с. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/116944.html>
4. Ефромеева Е.В. Имитационное моделирование: основы практического применения в среде AnyLogic: учебное пособие / Ефромеева Е.В., Ефромеев Н.М. – Саратов: Вузовское образование, 2020. – 120 с. – ISBN 978-5-4487-0586-1. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/86701.html>
5. Скворцов С.В. Алгоритмы и программные средства имитационного моделирования систем: учебное пособие / Скворцов С.В., Хрюкин В.И. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2023. – 112 с. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/134847.html>

#### **б) дополнительная литература**

6. Березовская Е.А. Имитационное моделирование: учебное пособие / Березовская Е.А. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. – 76 с. – ISBN 978-5-9275-2426-6. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/87410.html>
7. Лимановская О.В. Имитационное моделирование в AnyLogic 7. В 2 частях. Ч.2: лабораторный практикум / Лимановская О.В. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. – 104 с. – ISBN 978-5-7996-1996-1 (ч.2), 978-5-7996-1995-4. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/106372.html>
8. Лимановская О.В. Имитационное моделирование в AnyLogic 7. В 2 частях. Ч.1: учебное пособие / Лимановская О.В. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. – 152 с. – ISBN 978-5-7996-2029-5 (ч.1), 978-5-7996-1995-4. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/106371.html> (
9. Строгалев, В. П. Имитационное моделирование: учебное пособие / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева. – 4-е изд. – Москва: Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана, 2018. – 296 с. – ISBN 978-5-7038-4825-8. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/94788.html>

10. Якимов В.Н. Имитационное моделирование систем с дискретными событиями: учебно-методическое пособие / Якимов В.Н. – Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. – 88 с. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/111611.html>

**в) перечень учебно-методического обеспечения:**

11. Садовникова, Н. П. Имитационное моделирование : учеб. пособие / Н. П. Садовникова, Д. С. Парыгин, Т.В. Ерещенко, Н. М. Рашевский ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – 132 с.

<http://moodle.aucu.ru/mod/url/view.php?id=131520>

**г) перечень онлайн курсов:**

12. ЭОР. Инженерный AnyLogic Авторский курс К.А. Старостиной. <https://stepik.org/course/185425/promo?search=4526530176>

**8.2. Перечень необходимого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader DC;
- Apache Open Office;
- VLC media player;
- Kaspersky Endpoint Security
- Yandex browser
- AnyLogic

**8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, доступных обучающимся при освоении дисциплины**

1. Электронная информационно-образовательная среда Университета: образовательный портал (<http://moodle.aucu.ru>)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека» (<https://biblioclub.ru/>)
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» ([www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru))
4. Научная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru/>)

**9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебные аудитории для проведения учебных занятий: 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 18, аудитории № 204, 207, 209, 211	<p><b>№204</b> Комплект учебной мебели Учебно-наглядные пособия Стационарный мультимедийный комплект Доступ к информационно – телекоммуникационной сети «Интернет»</p>
		<p><b>№207</b> Комплект учебной мебели Компьютеры - 15 шт. Стационарный мультимедийный комплект Доступ к информационно – телекоммуникационной сети «Интернет»</p>
		<p><b>№209</b> Комплект учебной мебели Компьютеры - 15 шт. Стационарный мультимедийный комплект Графические планшеты – 16 шт. Источник бесперебойного питания – 1шт. Доступ к информационно – телекоммуникационной сети «Интернет»</p>
		<p><b>№211</b> Комплект учебной мебели Компьютеры - 15 шт. Стационарный мультимедийный комплект Доступ к информационно – телекоммуникационной сети «Интернет»</p>
2	<p>Помещения для самостоятельной работы:  414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 22а, аудитории №201,203</p>	<p><b>№201</b> Комплект учебной мебели Компьютеры – 8 шт. Доступ к информационно – телекоммуникационной сети «Интернет»</p>
	<p>414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 18а, библиотека, читальный зал</p>	<p><b>№203</b> Комплект учебной мебели Компьютеры – 8 шт. Доступ к информационно – телекоммуникационной сети «Интернет»</p>
		<p><b>библиотека, читальный зал</b> Комплект учебной мебели Компьютеры - 4 шт. Доступ к информационно – телекоммуникационной сети «Интернет»</p>

## **10. Особенности организации обучения по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья на основании письменного заявления дисциплина «Имитационное моделирование» реализуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья (далее – индивидуальных особенностей).

## Аннотация

к рабочей программе дисциплины «Имитационное моделирование»  
по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»  
направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской  
среды»

*Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.*

*Форма промежуточной аттестации: экзамен*

**Целью** освоения учебной дисциплины «Имитационное моделирование» является углубление уровня освоения компетенций обучающихся в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии».

**Учебная дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 «Имитационное моделирование»** входит в **Блок 1 «Дисциплины (модули)»: части формируемой участниками образовательных отношений (элективные дисциплины (по выбору))**. Для освоения дисциплины необходимы знания, полученные при изучении следующих дисциплин: «Системы поддержки принятия решений».

### **Краткое содержание дисциплины:**

Раздел 1. Методологические основы имитационного моделирования

Раздел 2. Имитационное моделирование на основе событийно-ориентированного подхода

Раздел 3. Планирование и выполнение имитационного эксперимента

Раздел 4. Инструментальные средства имитационного моделирования

И.о. заведующего кафедрой

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/В.В. Соболева/  
И.О.Ф

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу, оценочные и методические материалы

**Б1.В.ДВ.05.01 «Имитационное моделирование»**

(наименование дисциплины с указанием блока)

**ОПОП ВО по направлению подготовки**

**09.04.02 «Информационные системы и технологии»**

**направленность (профиль)**

**«Искусственный интеллект в проектировании городской среды»**

**по программе магистратуры**

Хоменко Т.В. (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы, оценочных и методических материалов по дисциплине «Имитационное моделирование» ОПОП ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды», по программе *магистратуры*, разработанной в ГБОУ АО ВО "Астраханский государственный архитектурно-строительный университет", на кафедре САПРиМ (разработчик – Окладникова С.В.).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Предъявленная рабочая программа учебной дисциплины «Имитационное моделирование» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017г. №917, редакция с изменениями № 1456 от 26.11.2020г., с изменениями и дополнениями от 26.11.2020 г., 08.02.2021 г. и зарегистрированного в Минюсте России от 16.10.2017г, №48550.

Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)»: части формируемой участниками образовательных отношений (элективные дисциплины (по выбору)).

Представленные в Программе цели учебной дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды».

В соответствии с Программой за дисциплиной «Имитационное моделирование» закреплена 1 компетенция, которая реализуется в объявленных требованиях.

Предложенные в Программе индикаторы компетенций в категориях знать, уметь, иметь практический опыт отражают специфику и содержание дисциплины, а представленные в ОММ показатели и критерии оценивания компетенций по дисциплине на различных этапах их формирования, а также шкалы оценивания позволяют определить степень достижения заявленных результатов, т.е. уровень освоения обучающимися соответствующих компетенций в рамках дисциплины.

Учебная дисциплина «Имитационное моделирование» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды» и возможность дублирования в содержании не выявлена.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Промежуточная аттестация знаний *магистратуры*, предусмотренная Программой, осуществляется в форме *экзамена*. Формы оценки знаний, представленные в Рабочей программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено основной, дополнительной литературой, интернет-ресурсами и соответствует требованиям ФГОС ВО направления подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды».

Материально-техническое обеспечение соответствует требованиям ФГОС ВО направления подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды» и специфике дисциплины «Имитационное моделирование» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Представленные на рецензию оценочные и методические материалы направления подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», разработаны в соответствии с нормативными документами, представленными в Программе. Оценочные и методические материалы по дисциплине «Имитационное моделирование» предназначены для текущего контроля и промежуточной аттестации и представляет собой совокупность разработанных кафедрой САПРиМ материалов для установления уровня и качества достижения обучающимися результатов обучения.

Задачами оценочных и методических материалов является контроль и управление процессом освоения обучающимися компетенций, заявленных в образовательной программе по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды».

Оценочные и методические материалы по дисциплине «Имитационное моделирование» представлены: перечнем материалов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Данные материалы позволяют в полной мере оценить результаты обучения по дисциплине «Имитационное моделирование» в АГАСУ, а также оценить степень сформированной компетенций.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура, содержание рабочей программы, оценочных и методических материалов дисциплины «Имитационное моделирование» ОПОП ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды», по программе *магистратуры*, разработанная к.т.н., доц. Окладниковой С.В. соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям отрасли, рынка труда, профессиональных стандартов направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды» и могут быть рекомендованы к использованию.

Рецензент:

Хоменко Татьяна Владимировна,  
доктор технических наук, доцент  
зав. кафедрой «Автоматизированные  
системы обработки информации и  
управления (АСОИУ)» ФГБОУ ВО  
«Астраханский государственный  
технический университет»

  
(подпись)

/ Т.В. Хоменко/  
(И.О.Ф.)



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу, оценочные и методические материалы

**Б1.В.ДВ.05.01 «Имитационное моделирование»**

(наименование дисциплины с указанием блока)

**ОПОП ВО по направлению подготовки**

**09.04.02 «Информационные системы и технологии»**

**направленность (профиль)**

**«Искусственный интеллект в проектировании городской среды»**

**по программе магистратуры**

Соболева В.В. (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы, оценочных и методических материалов по дисциплине «Имитационное моделирование» ОПОП ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды», по программе *магистратуры*, разработанной в ГБОУ АО ВО "Астраханский государственный архитектурно-строительный университет", на кафедре САПРиМ (разработчик – Окладникова С.В.).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

Предъявленная рабочая программа учебной дисциплины «Имитационное моделирование» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017г. №917, редакция с изменениями № 1456 от 26.11.2020г., с изменениями и дополнениями от 26.11.2020 г., 08.02.2021 г. и зарегистрированного в Минюсте России от 16.10.2017г, №48550.

Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к Блоку 1. «Дисциплины (модули)»: части формируемой участниками образовательных отношений (элективные дисциплины (по выбору)).

Представленные в Программе цели учебной дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды».

В соответствии с Программой за дисциплиной «Имитационное моделирование» закреплена 1 компетенция, которая реализуется в объявленных требованиях.

Предложенные в Программе индикаторы компетенций в категориях знать, уметь, иметь практический опыт отражают специфику и содержание дисциплины, а представленные в ОММ показатели и критерии оценивания компетенций по дисциплине на различных этапах их формирования, а также шкалы оценивания позволяют определить степень достижения заявленных результатов, т.е. уровень освоения обучающимися соответствующих компетенций в рамках дисциплины.

Учебная дисциплина «Имитационное моделирование» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», направленность (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды» и возможность дублирования в содержании не выявлена.

Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Промежуточная аттестация знаний *магистратуры*, предусмотренная Программой, осуществляется в форме *экзамена*. Формы оценки знаний, представленные в Рабочей программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.



Министерство образования и науки Астраханской области  
Государственное бюджетное образовательное учреждение  
Астраханской области высшего образования  
«Астраханский государственный архитектурно-строительный  
университет»  
(ГБОУ АО ВО «АГАСУ»)

---



## ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

**Наименование дисциплины**

«Имитационное моделирование»

*(указывается наименование в соответствии с учебным планом)*

**По направлению подготовки**

09.04.02 «Информационные системы и технологии»

*(указывается наименование направления подготовки в соответствии с ФГОС ВО)*

**Направленность (профиль)**

«Искусственный интеллект в проектировании городской среды»

*(указывается наименование направленности (профиля) в соответствии с ОПОП)*

**Кафедра**

Системы автоматизированного проектирования и моделирования

Квалификация выпускника *магистр*

**Разработчик:**

К.т.н., доцент

(занимаемая должность,  
учёная степень и учёное звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/С.В. Окладникова/

(И. О. Ф.)

Оценочные и методические материалы рассмотрены и утверждены на заседании кафедры  
«Системы автоматизированного проектирования и моделирования»

Протокол № 9 от 22.04 2014г.

И.о. заведующего кафедрой

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/В.В.Соболева /

(И. О. Ф.)

**Согласовано:**

Председатель МКН «Информационные системы и технологии»

направленность(профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды»

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/В.В. Соболева/

И.О.Ф.

Начальник УМУ

 | В.В. Беленков  
\_\_\_\_\_  
(подпись) (И. О. Ф.)

Специалист УМУ

 | В.В. Соболева  
\_\_\_\_\_  
(подпись) (И. О. Ф.)

## Содержание

1. Оценочные и методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине .....	4
1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	4
1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	5
1.2.1. Перечень оценочных средств текущего контроля успеваемости.....	5
1.2.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций по дисциплине на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания .....	5
1.2.3. Шкала оценивания .....	6
2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.....	7
2.1. Экзамен .....	7
2.2. Защита лабораторной работы .....	8
2.3. Контрольная работа .....	8
2.4. Тест.....	9
3. Перечень и характеристики процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций .....	10
<i>Приложение 1</i> .....	11
<i>Приложение 2</i> .....	13
<i>Приложение 3</i> .....	37
<i>Приложение 4</i> .....	38
<i>Приложение 5</i> .....	40

## 1. Оценочные и методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные и методические материалы являются неотъемлемой частью рабочей программы дисциплины (далее РПД) и представлены в виде отдельного документа.

### 1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Индекс и формулировка компетенции		Индикаторы достижений компетенций, установленные ОПОП	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.5.1 РПД)			Формы контроля с конкретизацией задания
			1	2	3	
1		2	3	4	5	6
ПК-1ИИП. Способен исследовать применение интеллектуальных систем для различных предметных областей.	ПК-1ИИП.1 Исследует направления применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей	<b>Знать:</b> <i>ПК-1ИИП.1 З-1. Знает направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>	X	X	X	Вопросы к экзамену по всем разделам дисциплины [1-27] Контрольная работа [1-2] Итоговое тестирование [1-14]
		<b>Уметь:</b> <i>ПК-1ИИП.1 У-1. Умеет осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта</i>	X	X	X	Вопросы к экзамену по всем разделам дисциплины [28-52] Лабораторная работа

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

**1.2.1. Перечень оценочных средств текущего контроля успеваемости**

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Лабораторная работа	Средство, позволяющее оценить умение и владение обучающегося излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторно-практической базы, проводить анализ полученного результата работы. Рекомендуется для оценки умений и владений студентов	Темы лабораторных работ и требования к их защите
Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний обучающегося	Фонд тестовых заданий

**1.2.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций по дисциплине на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Компетенция, этапы освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Показатели и критерии оценивания результатов обучения				
		Ниже порогового уровня (неудовлетворительно)	Пороговый уровень (удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень (отлично)	
1	2	3	4	5	6	
ПК-1ИИП. Способен исследовать применение интеллектуальных систем для различных предметных областей.	ПК-1ИИП.1 Исследует направления применения систем искусственного интеллекта для различных	<b>Знать:</b> направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта (ПК-1ИИП.1 3-1)	Обучающийся не знает направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта	Обучающийся знает направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта	Обучающийся направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта	Обучающийся знает направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта

Компетенция, этапы освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Показатели и критерии оценивания результатов обучения			
		Ниже порогового уровня (неудовлетворитель- но)	Пороговый уровень (удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень (отлично)
1	2	3	4	5	6
предметных областей	<b>Уметь:</b> осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта (ПК- 1ИИП.1 У-1)	Обучающийся не умеет осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта	Обучающийся умеет осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта	Обучающийся умеет осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта	Обучающийся умеет осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта

### 1.2.3. Шкала оценивания

Уровень достижений	Отметка в 5-бальной шкале
высокий	«5»(отлично)
продвинутый	«4»(хорошо)
пороговый	«3»(удовлетворительно)
ниже порогового	«2»(неудовлетворительно)

## 2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ:

#### 2.1. Экзамен

а) типовые вопросы к экзамену (см. приложение 1);

б) критерии оценки.

При оценке знаний на экзамене учитывается:

1. Уровень сформированности компетенций.
2. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
3. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
4. Логика, структура и грамотность изложения вопроса.
5. Умение связать теорию с практикой.
6. Умение делать обобщения, выводы.

№ п/п	Оценка	Критерии оценки
1	отлично	Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Полно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания базовых нормативно-правовых актов. Соблюдаются нормы литературной речи.
2	хорошо	Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Базовые нормативно-правовые акты используются, но в недостаточном объеме. Материал излагается уверенно. Раскрыты причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи.
3	удовлетворительно	Допускаются нарушения в последовательности изложения. Имеются упоминания об отдельных базовых нормативно-правовых актах. Неполно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируются поверхностные знания вопроса, с трудом решаются конкретные задачи. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи.
4	неудовлетворительно	Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине. Не раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Не проводится анализ. Выводы отсутствуют. Ответы на дополнительные вопросы отсутствуют. Имеются заметные нарушения норм литературной речи.
5	зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

№ п/п	Оценка	Критерии оценки
6	не зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

## ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ:

### 2.2. Защита лабораторной работы

- а) типовые задания лабораторных работ (см. приложение 2);  
 б) критерии оценки.

При оценке знаний на защите лабораторной работы учитывается:

1. Уровень сформированности компетенций.
2. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
3. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
4. Логика, структура и грамотность изложения вопроса.
5. Умение связать теорию с практикой.
6. Умение делать обобщения, выводы.

№ п/п	Оценка	Критерии оценки
1	2	3
1	отлично	Студент правильно называет метод исследования, правильно называет прибор, правильно демонстрирует методику исследования /измерения, правильно оценивает результат.
2	хорошо	Студент правильно называет метод исследования, правильно называет прибор, допускает единичные ошибки в демонстрации методики исследования /измерения и оценке его результатов
3	удовлетворительно	Студент неправильно называет метод исследования, но при этом дает правильное название прибора. Допускает множественные ошибки в демонстрации методики исследования /измерения и оценке его результатов
4	неудовлетворительно	Студент неправильно называет метод исследования, дает неправильное название прибора. Не может продемонстрировать методику исследования /измерения, а также оценить результат
5	зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
6	не зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

### 2.3. Контрольная работа

- а) варианты контрольной работы (см. приложение 3);  
 б) критерии оценки.

При оценке знаний контрольной работы учитывается:

1. Уровень сформированности компетенций.
2. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
3. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
4. Логика, структура и грамотность изложения вопроса.
5. Умение связать теорию с практикой.
6. Умение делать обобщения, выводы.

№ п/п	Оценка	Критерии оценки
1	2	3
1	отлично	Студент правильно называет метод исследования, правильно называет прибор, правильно демонстрирует методику исследования /измерения, правильно оценивает результат.
2	хорошо	Студент правильно называет метод исследования, правильно называет прибор, допускает единичные ошибки в демонстрации методики исследования /измерения и оценке его результатов
3	удовлетворительно	Студент неправильно называет метод исследования, но при этом дает правильное название прибора. Допускает множественные ошибки в демонстрации методики исследования /измерения и оценке его результатов
4	неудовлетворительно	Студент неправильно называет метод исследования, дает неправильное название прибора. Не может продемонстрировать методику исследования /измерения, а также оценить результат
5	зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
6	не зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

#### 2.4. Тест

- а) *типовой комплект заданий для входного тестирования (Приложение 4)*  
*типовой комплект заданий для итогового тестирования (Приложение 5)*
- б) *критерии оценки.*

При оценке знаний по результатам тестов учитывается:

1. Уровень сформированности компетенций.
2. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
3. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
4. Логика, структура и грамотность изложения вопроса.
5. Умение связать теорию с практикой.
6. Умение делать обобщения, выводы.

№ п/п	Оценка	Критерии оценки
1	2	3
1	отлично	если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.
2	хорошо	если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.
3	удовлетворительно	если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста,

		исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.
4	неудовлетворительно	если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».
5	зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
6	не зачтено	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

### 3. Перечень и характеристики процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине регламентируется локальным нормативным актом.

#### Перечень и характеристика процедур текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Виды вставляемых оценок	Форма учета
1.	Экзамен	Раз в семестр, по окончании изучения дисциплины	По пятибалльной шкале	Ведомость, зачетная книжка, портфолио
2.	Лабораторная работа	Систематически на занятиях	По пятибалльной шкале	Лабораторная тетрадь, журнал успеваемости преподавателя
3	Контрольная работа	Один раз в течении семестра	По пятибалльной шкале	Журнал успеваемости преподавателя
4	Тест	Входное тестирование по дисциплине – вначале изучения дисциплины (в начале семестра) Итоговое тестирование – по окончании изучения дисциплины	По пятибалльной шкале	Лист результатов компьютерного тестирования, журнал успеваемости преподавателя, ведомость, зачетная книжка, портфолио

**Типовые вопросы к экзамену  
по дисциплине «Имитационное моделирование»**

***Знать – ПК-1.1ИИП. 3-1***

1. Основные направления развития СИИ на основе имитационного моделирования
2. Методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта в области имитационного моделирования.
3. Дайте определение понятию «имитационное моделирование», «имитационная модель». Приведите примеры имитационных моделей.
4. Каким требованиям должна отвечать компьютерная модель?
5. В чем специфика имитационного моделирования?
6. Объясните место имитационного моделирования в математическом моделировании.
7. Сформулируйте преимущества и недостатки имитационного моделирования.
8. Раскройте основные принципы имитационного моделирования.
9. Опишите этапы имитационного моделирования.
10. В чем принципиальное отличие метода статистических испытаний имитационного моделирования?
11. Недостатки и преимущества имитационного моделирования.
12. Сфера применения имитационных моделей.
13. Какие классификационные признаки имитационных моделей вы знаете?
14. Какие свойства имитационной модели, изучаются для оценки ее качества?
15. Какие механизмы реализации модельного времени бывают в имитационных моделях?
16. Каковы основные этапы технологического процесса построения имитационной модели?
17. В чем состоит преимущество использования языков и систем моделирования по сравнению с универсальными языками программирования?
18. Какие типы переменных используются в описании имитационной модели?
19. Сформулируете определение понятию «дискретно-событийное моделирование».
20. Основные критерии эффективности и качества функционирования системы искусственного интеллекта, используемые в имитационном моделировании (точность, релевантность, достоверность, целостность, быстрота решения задач, надежность, защищенность функционирования)
21. Сформулируйте понятие эксперимента. Перечислите виды эксперимента. Раскройте основные положения каждого этапа эксперимента.
22. Объясните, как проводится оценка качества имитационной модели.
23. Объясните, как проводится оценка адекватности имитационной модели.
24. Объясните, как проводится оценка стойкости имитационной модели.
25. Объясните, как проводится оценка чувствительности имитационной модели.
26. Объясните, как проводится калибровка имитационной модели.
27. Перечислите технологии имитационного моделирования.

***Уметь: ПК-1ИИП.1 У-1***

28. Сформулируйте особенности построения моделей имитационного моделирования в среде AnyLogic.
29. Опишите основные возможности пакета AnyLogic.
30. Что такое внешний интерфейс модели и какие возможности для их создания предлагает AnyLogic?
31. Какие средства визуализации работы модели предлагает AnyLogic?
32. Какой общий алгоритм реализован в AnyLogic для создания агентных моделей?

33. Какие есть возможности для организации пространства для "жизнедеятельности" агентов в модели и для чего это используется?
34. Что такое «Активный объект» в AnyLogic и как они создаются?
35. Что такое объект «Environment» (окружающая среда агентов), как и зачем он включается в модель? Как в AnyLogic можно задавать и управлять движением агентов?
36. Какие элементы системной динамики поддерживает среда AnyLogic?
37. Какие типы экспериментов поддерживаются в системе моделирования AnyLogic?
38. Что встроено в «имитационный исполнитель» AnyLogic?
39. Перечислите основные преимущества среды имитационного моделирования AnyLogic.
40. Поясните структуру рабочего окна проекта в AnyLogic.
41. Поясните структуру панели «Проекты» в AnyLogic.
42. Поясните структуру панели «Палитра» в AnyLogic.
43. Поясните назначение блоков «Библиотеки моделирования процессов» панели «Палитра» в AnyLogic.
44. Поясните процесс настройки модельного времени эксперимента.
45. Поясните процесс запуска модели в AnyLogic.
46. Поясните процесс добавления нового агента в AnyLogic.
47. Поясните процесс добавления нового параметра в AnyLogic.
48. Объясните порядок создания анимации в AnyLogic.
49. Поясните порядок создания анимации нахождения клиентов в очереди в системе AnyLogic.
50. Поясните порядок настройки сбора статистики в AnyLogic.
51. Поясните процесс построения гистограмм в AnyLogic.
52. Поясните процесс построения диаграмм в AnyLogic.

Типовые задания лабораторных работ  
по дисциплине «Имитационное моделирование»

Уметь: ПК-1.1ИИП. У-1

Лабораторная работа № 1. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ МЯЧИКА

При первом запуске AnyLogic (с особенностями работы и структуры можно ознакомиться в приложении) открывается начальная страница (рис. 1), которая содержит краткое описание основных возможностей программы, ссылки на примеры моделей, поставляемые вместе с AnyLogic, а также ссылки на веб-сайт компании XJ technologies (разработчика этого программного продукта) и на форму обратной связи с компанией.

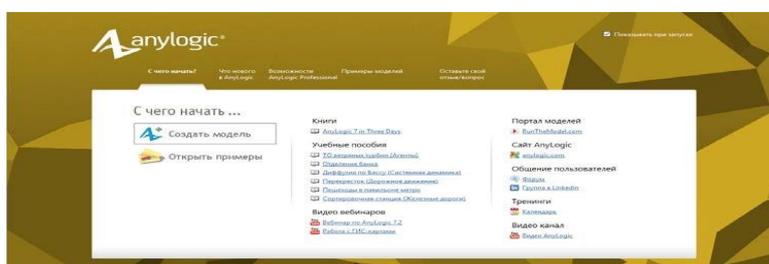


Рис. 1. Стартовое окно AnyLogic

С помощью кнопки **Открыть модель** панели инструментов или команды **Файл/Открыть** в главном меню выберите файл Balls. Это несложная модель прыгающего мяча. На экране возникнет окно, представленное на рис. 2.

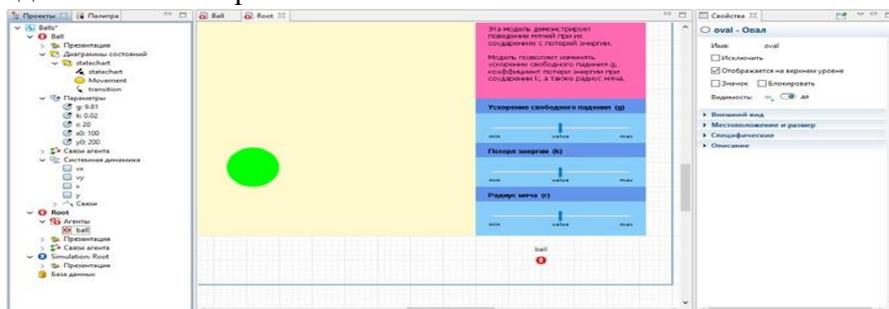


Рис. 2. Окно модели Balls

AnyLogic при открытии проекта открывает несколько панелей: **Проекты**, **Диаграмма**, **Палитра**, **Ошибки** и **Свойства**. Рассмотрим их поочередно.

Панель **Проекты** обеспечивает навигацию по элементам открытых моделей. Поскольку модель организована иерархически, то она отображается в виде дерева: сама модель образует верхний уровень дерева, классы активных объектов и эксперименты образуют следующий уровень и т. д.

Панель **Проекты** по умолчанию прикреплена к левой части рабочей области AnyLogic.

Полужирным шрифтом в дереве выделяется тот элемент, редактор которого активен в текущий момент.

Если внести в модель какие-то изменения и не сохранить их, то такая модель будет сразу же выделена в дереве – к имени модели будет добавлена звездочка (\*).

Можно разворачивать и сворачивать ветви дерева элементов модели с помощью кнопок «+» и «-».

У каждого класса активного объекта и эксперимента есть своя диаграмма, которая редактируется в графическом редакторе.

На диаграммах можно:

- нарисовать презентацию с помощью фигур и элементов управления;
- задать поведение активного объекта с помощью событий и диаграмм действий;
- задать структуру класса, добавив вложенные объекты;
- добавить на презентацию визуализирующие графики, диаграммы.

Панель **Палитра** содержит элементы, которые могут быть добавлены на диаграмму класса активного объекта или эксперимента. По умолчанию она прикреплена к правому краю окна приложения.

Панель **Палитра** состоит из нескольких вкладок (палитр), каждая из которых содержит элементы, относящиеся к определенной задаче:

- Основная содержит основные элементы, с помощью которых можно задать динамику модели, ее структуру и данные;
- Системная динамика содержит элементы диаграммы потоков и накопителей, а также параметр, соединитель и табличную функцию;
- Диаграмма состояний содержит блоки диаграмм, позволяющих графически задавать поведение объекта;
- Диаграмма действий содержит блоки структурированных блок-схем, позволяющих задавать алгоритмы визуально;
- Статистика содержит элементы, используемые для сбора, анализа и отображения результатов моделирования;
- Презентация содержит элементы для рисования презентаций:
- примитивные фигуры, а также элементы управления (для придания презентации интерактивности);
- вкладка Внешние данные содержит инструменты для работы с базами данных и текстовыми файлами;
- палитра Картинки содержит набор картинок наиболее часто моделируемых объектов: человек, грузовик, фура, погрузчик, склад, завод и т. д.

Панель **Свойства** используется для просмотра и изменения свойств выбранного в данный момент элемента модели. Она содержит несколько вкладок. Каждая вкладка содержит элементы управления, такие как поля ввода, флажки, переключатели, кнопки и т. д., с помощью которых можно просматривать и изменять свойства элементов модели. Число вкладок и их внешний вид зависят от типа выбранного элемента.

Можно как угодно перемещать панели в пределах окна AnyLogic. Для восстановления принятых по умолчанию настроек расположения панелей в главном меню нужно вызвать **Окно/Восстановить расположение панелей**.

На этапе компиляции модели AnyLogic производит проверку синтаксиса диаграмм, типов и параметров. Все обнаруженные на этапе компиляции и построения модели ошибки отображаются в панели **Ошибки**. Для каждой ошибки показывается ее описание и местоположение – имя элемента модели, при задании которого эта ошибка была допущена.

Активный объект является основным структурным элементом модели в AnyLogic. Активным объектом называется сущность, которая включает в себя данные, функции и поведение как единое целое.

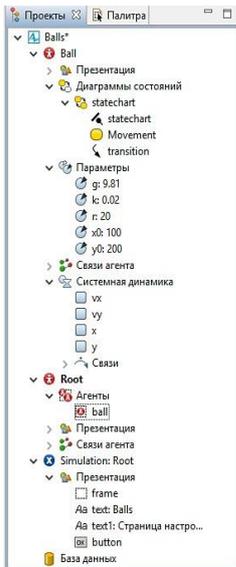


Рис. 3. Дерево проекта.

Активный объект строится как класс, который в качестве составных элементов может включать в себя экземпляры других классов активных объектов. Проект Balls включает два класса активных объектов: класс Ball и класс Root. На дереве проекта (рис. 3) как составные элементы класса Ball показаны **Параметры**, **Динамические переменные** и **Диаграммы состояний**, у класса Root составными элементами показаны **Вложенные объекты** и **Презентация**. Одна из ветвей в дереве проекта имеет название Simulation – это эксперимент, который может быть выполнен с моделью. С помощью экспериментов задаются конфигурационные настройки модели. AnyLogic поддерживает несколько типов экспериментов, каждый из которых соответствует своей задаче моделирования.

AnyLogic поддерживает следующие типы экспериментов:

- Простой эксперимент;
- Варьирование параметров;
- Оптимизация;
- Сравнение «прогонов»;
- Монте-Карло;
- Анализ чувствительности;
- Калибровка;
- Нестандартный.

Эксперименты **Сравнение «прогонов»**, **Монте-Карло**, **Анализ чувствительности**, **Калибровка** и **Нестандартный** доступны только в AnyLogic Professional.

#### **Диаграмма класса активного объекта**

В рассматриваемой модели диаграмма класса активного объекта – мяча – задается в окне с именем Ball, в котором содержатся его переменные (координаты мяча  $x$ ,  $y$  и его скорости  $V_x$  и  $V_y$ ), параметры ( $g$ ,  $r$ ,  $k$ ,  $x_0$  и  $y_0$ ) и диаграмма состояний с именем statechart (рис. 4).

AnyLogic отображает получившиеся зависимости между переменными с помощью тонких голубых стрелок.

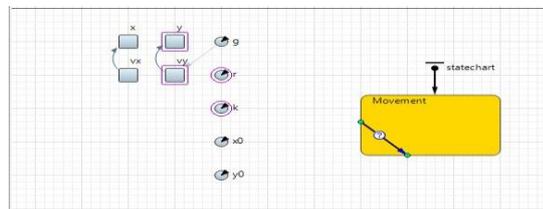


Рис. 4. Диаграмма класса активного объекта

Стрелка, направленная от переменной  $V_x$  к переменной  $x$  означает, что переменная  $V_x$  упоминается в формуле переменной  $x$ . Стрелки зависимостей рисуются автоматически, всегда синхронизированы с формулами переменных и автоматически появляются или исчезают на диаграмме, как только переменная появится в формуле или будет исключена. Для улучшения наглядности можно редактировать внешний вид стрелок зависимостей – изменять их цвет и радиус закругления.

Структура корневого активного объекта Root задана в окне с именем Root. В модели (см. рис. 2) активный объект Root содержит иконку с именем Ball – один экземпляр активного объекта Ball и анимацию.

### Панель свойств объектов модели

Каждый элемент модели обладает теми или иными свойствами или параметрами. При выделении какого-либо элемента в панели **Проект** или **Диаграммы** внизу появляется окно свойств именно этого выделенного элемента. Окно **Свойства** (рис. 5) используется для просмотра и изменения свойств элементов.



Рис. 5. Окно свойств

Например, при выборе параметра  $g$  в окне редактора диаграммы объекта Ball внизу в панели свойств появятся четыре вкладки: **Общие**, **Массив**, **Редактор** и **Описание**. На вкладке **Общие** кроме имени этого объекта указаны его параметры: тип (double), значение по умолчанию (9.81) и отмечено, что следует показывать этот параметр на презентации и отображать его имя на диаграмме объекта Ball.

### Поведение активного объекта

Поведение мяча представлено в стейтчарте (см. рис. 3), который состоит из: **Начала диаграммы состояний**, одного состояния с именем Movement и одного перехода. Переход срабатывает при выполнении условия касания поверхности земли при движении мяча вниз, которое можно записать выражением  $y \leq r \ \&\& \ v_y < 0$ .

Когда вертикальная координата  $y$  центра мяча с радиусом  $r$  будет отстоять от поверхности на  $r$  и при этом скорость мяча  $v_y$  будет направлена вниз, переход стейтчарта сработает.

Указанное выражение записано в поле **При выполнении условия** окна свойств перехода (рис. 6). При выполнении данного условия мяч отскакивает, то есть его скорость меняет свой знак на противоположный и уменьшается на долю  $k$ , моделирующую потерю энергии при отскоке. Это отражено в поле **Действие окна свойств перехода**.

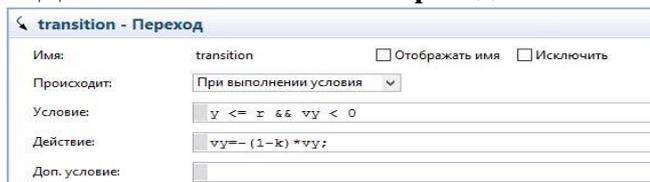


Рис. 6. Окно свойств перехода

Именно так стейтчарты следят за событиями. При наступлении нужного события выполняется необходимое действие. И условие наступления события, и само действие, меняющее переменные модели, записываются операторами языка Java.

### Презентация

В рассматриваемой модели строится двумерное динамическое представление, которое показывает, что происходит с моделью с течением времени. Для модели Balls в диаграмме Root построено изображение мяча в виде закрашенной окружности.

Презентация позволяет более наглядно представить динамику моделируемой системы, т. е. координаты, радиус, цвет связываются с переменными и параметрами модели. Изменение переменных модели во времени приводит к изменению во времени внешнего вида геометрических фигур, что позволяет наглядно представить динамику ее поведения. Для

презентации используются геометрические фигуры, например окружности, в виде которых представлены параметры моделируемой системы.

На рис. 7 показано, что в окне свойств зеленого круга координаты  $X$  и  $Y$  его центра и радиус  $r$  имеют динамические значения, которые связаны с переменными  $x$ ,  $y$  и  $r$  экземпляра ball класса активного объекта Ball. Таким образом, при работе модели изменение данных переменных будет вызывать перемещение центра и изменение радиуса окружности, моделирующей мяч.

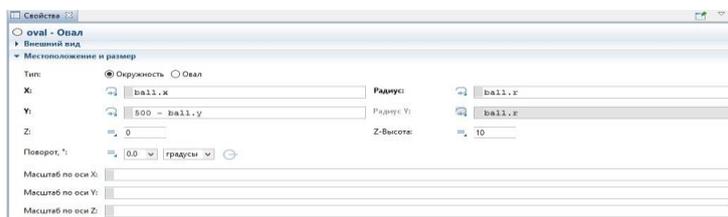


Рис. 7. Свойства объекта Мяч

Щелкнув мышью по различным анимационным объектам в панели диаграммы Root, можно увидеть, что для различных элементов модели окно свойств содержит различные параметры, характеризующие именно данный элемент. Например, если щелкнуть мышью в презентации на слайдере, то в окне свойств на вкладке **Основные** будет представлена информация о связи слайдера с конкретным параметром модели и геометрическими параметрами самого слайдера.

Обратите внимание, что в качестве координаты  $Y$  взято значение переменной  $y$  со знаком минус и смещением 500 единиц. Это сделано потому, что ось  $Y$  на презентации направлена вниз, а не вверх, и знак минус позволяет перевернуть ось  $Y$  и опустить ее до нужного уровня. Итак, модель Balls построена и готова к запуску.

### Режим выполнения модели

Запуск модели производится кнопкой **Запустить** на панели инструментов. При запуске эксперимента AnyLogic автоматически производит построение запускаемой модели. Поэтому в случае обнаружения ошибки пользователю будет показано сообщение об ошибке, а более подробная информация будет выведена в панель **Консоль**.

При отсутствии ошибок откроется окно презентации эксперимента (рис. 8), которое содержит кнопку **Запустить модель и открыть презентацию класса Main**.

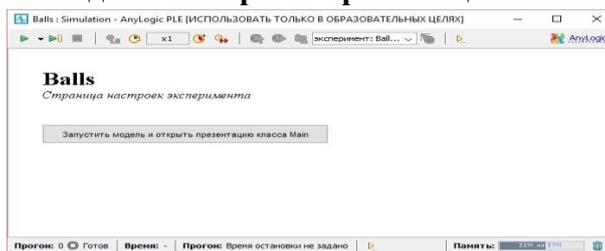


Рис. 8. Окно презентации эксперимента

Когда модель будет запущена, откроется окно презентации либо эксперимента, либо одного из активных объектов запущенной модели (рис. 9). На презентации будут видны все элементы, в свойствах которых были установлены флажки «На презентации».

При проведении компьютерных экспериментов можно использовать все кнопки, показанные в верхней части окна (рис. 9):

- Запуск или Продолжение моделирования;
- Запуск выполнения модели по шагам;
- Пауза;
- Остановка модели и Возврат в окно презентации эксперимента.

В нижней части окна виден статус модели (**Пауза** или **Выполнение**, № прогона и другая информация).

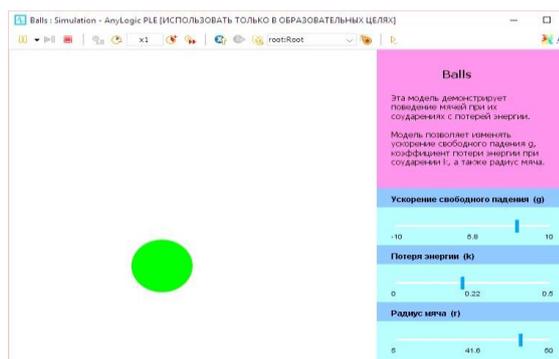


Рис. 9. Запущенная модель

### Эксперименты с моделью

На рис. 9 кроме движущегося изображения мяча видны текстовый комментарий и «бегунки», или «слайдеры», – подвижные указатели для изменения параметров модели во время ее выполнения. Перемещая бегунки слайдеров, можно менять три параметра – ускорение свободного падения, долю потери скорости мяча при каждом отскоке и радиус мяча. Изменение параметров позволяет исследовать поведение модели в различных условиях – это и есть компьютерный эксперимент.

*Проведите несколько экспериментов с моделью, изменяя ее параметры.*

### Управление скоростью выполнения модели и изображением

Модель AnyLogic может быть выполнена либо в режиме виртуального, либо в режиме реального времени.

В режиме виртуального времени модель выполняется без привязки к физическому времени – она просто выполняется настолько быстро, насколько это возможно. Этот режим лучше всего подходит в том случае, когда требуется моделировать работу системы в течение достаточно длительного периода времени.

В режиме реального времени задается связь модельного времени с физическим, т. е. задается количество единиц модельного времени, выполняемых в одну секунду. Это часто требуется, когда необходимо, чтобы презентация модели отображалась с той же скоростью, что и в реальной жизни.

Переключение между виртуальным и реальным временем исполнения модели осуществляется кнопкой **Виртуальное/реальное время** панели управления окна презентации, а уменьшение масштаба времени выполняется с помощью двух кнопок – **Замедлить**, **Ускорить** и расположенного между ними поля. Это поле указывает коэффициент ускорения модельного времени относительно физического (здесь 1x означает единичный коэффициент ускорения).

*Выполните несколько экспериментов с различными скоростями выполнения модели, используя кнопки управления.*

### Навигация по модели

Расположенный в панели управления окна презентации выпадающий список **Навигация** открывает организованный в виде дерева список объектов модели, обеспечивая простую навигацию по модели и быстрый доступ к любым ее объектам (рис. 10).

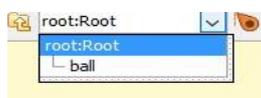


Рис. 10. Выпадающий список

Корнем дерева объектов является корневой объект запущенного эксперимента. Если структура модели меняется во время ее выполнения, то эти изменения тут же отображаются в дереве объектов модели.

Если выбрать объект Ball, то «всплывает» его структурная диаграмма с динамично изменяющимися значениями переменных  $Y$  и  $V_y$ .

AnyLogic поддерживает различные инструменты для сбора, отображения и анализа данных во время выполнения модели. Простейшим способом просмотра текущего значения и истории изменения значений переменной или параметра во время выполнения модели является использование окна **инспекта**. Если щелкнуть мышью по значку переменной в окне презентации, то появится небольшое желтое окно – это и есть окно **инспекта** (рис. 11).

Установите подходящий размер окна путем перетаскивания мышью нижнего правого угла окна инспекта. Если нужно, переместите окно, перетаскивая его мышью за панель названия окна.

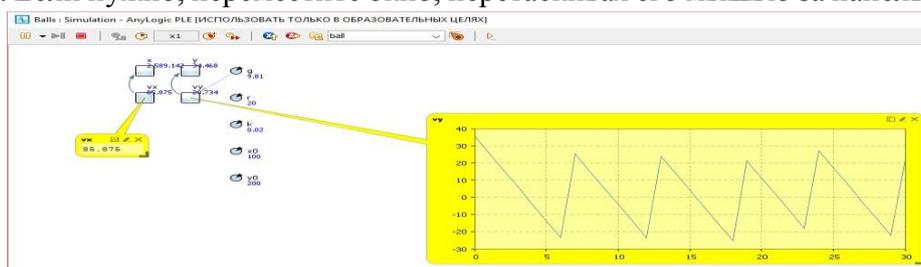


Рис. 11. Окно инспекта

### Изменение цвета мяча при отскоке

Необходимо дополнить анимационное представление мяча динамическим цветом так, чтобы при отскоке его цвет на несколько секунд изменялся на красный. Для этого нужно запомнить момент отскока и установить красный цвет окружности в презентации на небольшой интервал времени, следующий за этим моментом.

Создайте переменную  $t_0$ , которая будет фиксировать момент отскока. Для этого перейдите на диаграмму класса активного объекта Ball, затем в панели **Палитра** откройте вкладку **Системная динамика** и перенесите иконку (**Параметр**) на диаграмму. В поле **Имя** открывшегося окна свойств этого параметра введите  $t_0$ , а в поле **Значение** по умолчанию введите -1 (рис. 12).

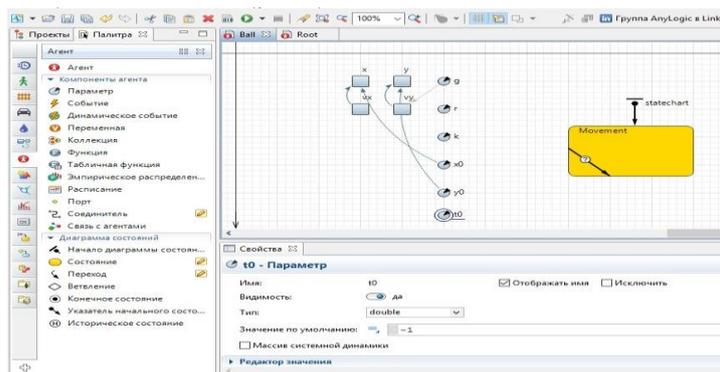


Рис. 12. Добавление переменной  $t_0$

Для того чтобы параметр  $t_0$  фиксировал момент отскока, необходимо запомнить значение текущего времени в модели при выполнении условия «отскок» в этом параметре. За наступлением данного условия следит стейтчарт, поэтому выделите мышью переход стейтчарта (рис. 13) и в поле **Действие** добавьте выражение  $t_0 = \text{time}()$ .

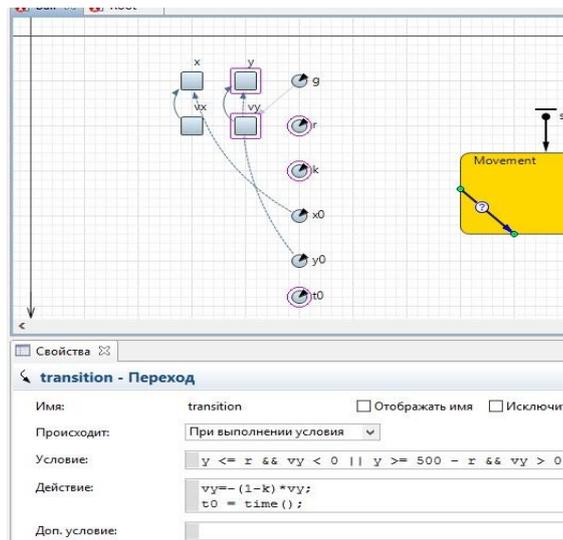


Рис. 13. Свойство стейтчарта

При каждом вызове функция **time()** возвращает текущее значение модельного времени. Параметр **t0** имеет начальное значение -1, а при работе модели хранит значение момента времени последнего отскока. Для того чтобы каждый раз при отскоке мяч изменял цвет на красный (в течение 0,3 с), нужно перейти на диаграмму класса Root, выделить зелёный овал (мяч), в панели свойств этого овала открыть вкладку

**Внешний вид** и в поле **Цвет заливки** ввести `time() < ball.t0 + 0.3? red:lime`. Это условное выражение устанавливает красный цвет заливки изображения мяча ball на 0,3 с после каждого отскока (рис. 14).

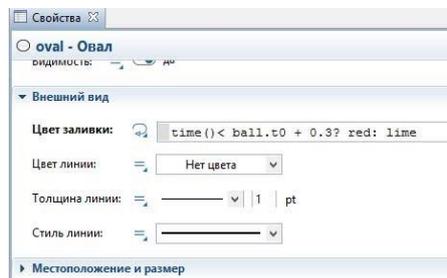


Рис. 14. Свойство мяча

### Модель с двумя мячами

Добавим в модель второй мяч. Перейдите на диаграмму класса активного объекта Root и перенесите мышью на него еще один экземпляр мяча. Появившийся объект автоматически получит имя ball1 (рис. 15). При этом в окне свойств нового экземпляра мяча появятся те же значения параметров мяча, которые были определены для активного объекта Ball.

Установите начальные значения **x0** и **y0** нового мяча равными 200 и 300 соответственно, как представлено на рис. 16.

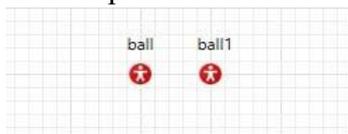


Рис. 15. Добавление второго мяча

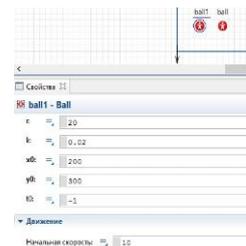


Рис. 16. Установка свойств для второго мяча

Для того чтобы на презентации показать движение второго мяча, продублируйте изображение первого мяча с помощью клавиш <Ctrl+C> и <Ctrl+V>. Параметры нового изображения овала (координаты и цвета) связаны с характеристиками объекта ball. Их нужно связать с новым объектом – шаром с именем Ball1, т. е. вместо Ball.x, Ball.y и Ball.t0 в соответствующих полях нужно записать Ball1.x, Ball1.y и Ball1.t0 (рис. 17). А для значения радиусов Радиус X и Радиус Y нужно установить Ball1.r вместо Ball.r.

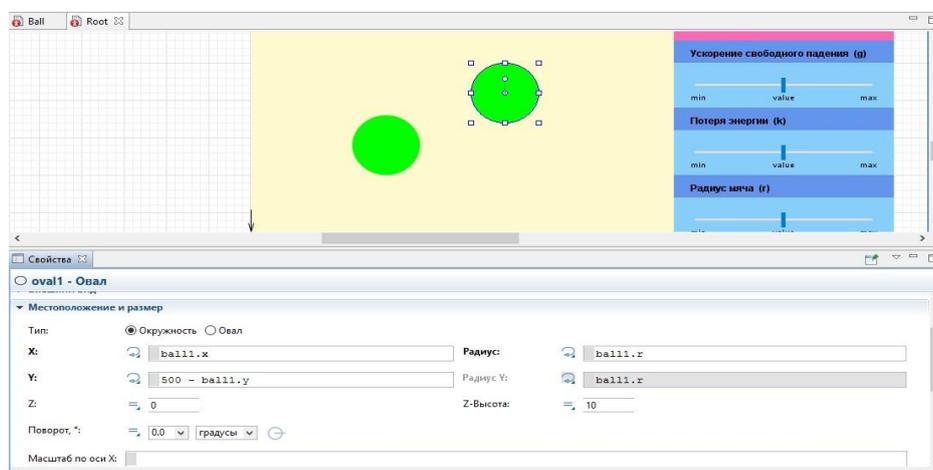


Рис. 17. Настройка презентации второго мяча

Теперь при запуске модели будут имитироваться независимые движения двух шаров.

### Произвольные перемещения мяча

В рассматриваемой модели мячи движутся строго вертикально, отскакивая от горизонтальной поверхности. Это происходит потому, что начальная скорость мячей по координате  $x$  равна 0. Если изменить начальные скорости мячей по  $x$ , то возникнет необходимость описать поведение мячей при столкновении с вертикальными стенками и потолком.

Зададим случайные начальные значения скоростей  $V_x$  и  $V_y$ . Для этого необходимо перейти на диаграмму класса активного объекта Ball, выделить переменную  $V_x$  и в поле **Начальное значение** этой переменной заменить значение 0 на значение `uniform(-100, 100)`. При этом у различных экземпляров активного объекта Ball начальная скорость по координате  $x$  будет задана случайно из диапазона (-100, +100) метров в секунду. То же самое сделайте для переменной  $V_y$ .

Для моделирования отскока мяча от потолка нужно на переходе стейтчарта изменить условие столкновения мяча с поверхностью. Мячи двигаются в пространстве размером 500×500 м. В поле **При выполнении условия** панели свойств перехода стейтчарта активного объекта Ball выражение `y <= r && vy < 0` необходимо заменить на выражение `y <= r && vy < 0 || y >= 500 - r && vy > 0`.

При этом выполняемое действие должно остаться без изменения, а именно: смена направления скорости  $V_y$  с частичной ее потерей.

Для того чтобы мяч отскакивал от вертикальных стен, нужно записать это условие в стейтчарте, добавив дополнительный переход.

Откройте палитру **Диаграмма состояний** и сделайте двойной щелчок мышью по иконке объекта **Переход**, включив тем самым режим рисования. Нарисуйте переход внутри состояния Movement, как показано на рис. 18.

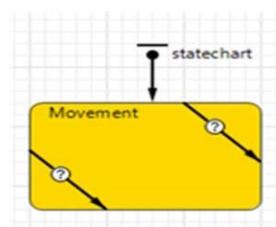


Рис. 18. Добавление нового перехода

В окне свойств этого перехода в поле **Происходит** нужно выбрать вариант **При выполнении условия**, в поле которого следует записать условие касания мяча о вертикальную стенку:  $x \leq r \ \&\& \ v_x < 0 \ || \ x \geq 500 - r \ \&\& \ v_x > 0$

В поле **Действие** запишите изменение направления составляющей  $V_x$  скорости мяча и запомните момент времени, когда произошло касание стенки, для последующего изменения цвета мяча (рис. 19):  $v_x = -(1 - k) * v_x$ ;  $t0 = time()$ . Запустите модель. Поэкспериментируйте с ней, используя слайдеры. Продемонстрируйте модель преподавателю.

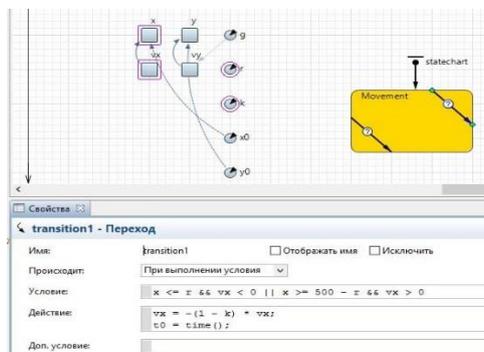


Рис. 19. Задание свойств

### Задания на самостоятельную работу

1. Измените направление движения мяча на горизонтальное.
2. Измените модель таким *второго* переходом образом, чтобы при отскоке цвет одного из мячей становился оранжевым, а другого – черным.
3. Измените модель таким образом, чтобы мяч вначале выполнения модели был в левом верхнем углу.
4. Измените модель таким образом, чтобы при отскоке мячи меняли цвет на 2 с.
5. Измените направление движения мяча на вертикальное.
6. Измените модель таким образом, чтобы при каждом отскоке диаметр мяча изменялся на 15 %.
7. Измените модель таким образом, чтобы мяч № 1 менял свой цвет тогда, когда мяч № 2 соударяется со стенками.
8. Измените модель таким образом, чтобы в верхней половине пространства мячи были красного цвета, а в нижней – черного, при отскоке цвет не меняется.
9. Измените модель таким образом, чтобы при движении вправо мяч был голубого цвета, а влево – фиолетового, при отскоке цвет не меняется.
10. Измените модель таким образом, чтобы подсчитывалось количество отскоков мяча.
11. Измените модель таким образом, чтобы при движении вверх мяч был желтого цвета, а вниз – зеленого, при отскоке цвет не меняется.
12. Измените модель таким образом, чтобы моделировалось движение мяча в правой половине пространства.
13. Измените модель таким образом, чтобы моделировалось движение мяча в верхней половине пространства.

## Лабораторная работа № 2. СТЕЙТЧАРТЫ: МОДЕЛЬ ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА

### Описание проблемы

Создайте новый проект под названием Svetofor и назовите класс корневого активного объекта Model. Модель будет иметь только один активный объект, представляющий светофор, поэтому корневой объект Model будет единственным активным объектом. На диаграмму класса активного объекта Model поместите **Начало диаграммы состояний** из панели **Диаграмма состояний** и назовите ее «Для\_автомобилей», заметьте, что AnyLogic может работать с элементами, *диаграммы состояний* набранными кириллицей. Перетащите мышью элемент **Состояние** под стрелочку опции **Начало диаграммы**, как показано на рис. 20. Для того чтобы построить стейтchart, следует использовать элементы из палитры **Диаграмма состояний** (рис. 21).

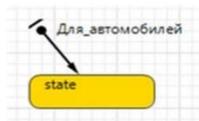


Рис. 20. Построение

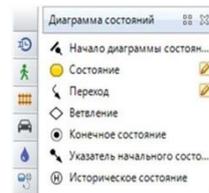


Рис. 21. Элементы диаграммы состояний

Заметьте, что для любого выделенного объекта внизу появляется панель его свойств, в которой можно изменить параметры, в частности имя объекта, если это необходимо. Структурные ошибки при рисовании стейтчарта – повисшие переходы, дублированные указатели начального состояния и т. п. – выделяются в панели **Проекты** значком X красного цвета и записью в панели **Ошибки**. Выделенные переходы должны иметь на концах зеленые точки; если точки белые, это значит, что переход не соединен с состоянием – висит.

В соответствии с алгоритмом работы светофора помимо начального состояния в модель нужно ввести дополнительные состояния. Начальное состояние назовите **Движение** – движение автомобилям разрешено (зеленый свет), затем светофор переходит в состояние **Внимание** – внимание (мигающий зеленый), **Медленно** – приготовиться к остановке (желтый свет), остановка транспорта **Stop** – запрет движения (красный свет) и **Приготовиться** – приготовиться к движению (красный и желтый свет горят одновременно). Состояние **Внимание** представим гиперсостоянием с парой переключающихся элементарных состояний: в одном из них зеленый горит (состояние А), в другом – нет (состояние В). Постройте эти состояния и соедините их переходами, как показано на рис. 22.

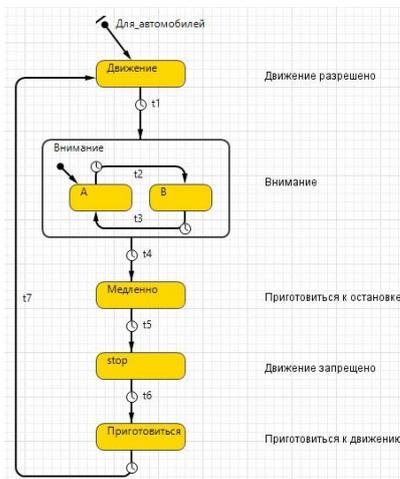


Рис. 22. Диаграмма стейтчарта

Зададим условия срабатывания переходов. Переходы в моделируемом автоматическом светофоре выполняются по таймауту, т. е. по истечении времени, которое прошло с момента прихода системы в данное состояние:

- в состоянии Движение светофор находится 25 с (t1);
- затем 7 с зеленый сигнал мигает (t4);
- в состоянии Медленно 4 с горит желтый (t5);
- в течение 10 с движение запрещено (t6);
  - 4 с светофор находится в состоянии **Приготовиться** (t7).

В указанной модели единица модельного времени соответствует 1 с реального времени.

Для задания условий срабатывания переходов выделите переход **t1**, а в поле **Происходит** оставьте без изменения вариант **По таймауту**, в поле **Таймаут** введите 25, единица измерения «Сек» (рис. 23).



Рис. 23. Свойства перехода t1

Аналогично задайте условия срабатывания других переходов. Между состояниями А и В переходы должны срабатывать через 1 с. Запустите модель. Активное состояние в данный момент подсвечивается красным. Переход, ожидающий истечения таймаута, подсвечивается синим. Проведите эксперименты с моделью при различных масштабах времени. В каждом состоянии светофора должен гореть определенный сигнал: в состоянии **Движение** должен гореть зеленый, в состоянии **Приготовиться** – красный и желтый одновременно и т. п.

Перейдите на диаграмму класса активного объекта Model. Создайте три параметра логического типа: **Красный**, **Желтый** и **Зеленый**, которые будут принимать истинное значение тогда, когда у светофора горит соответствующий сигнал: красный, желтый или зеленый (рис. 24).

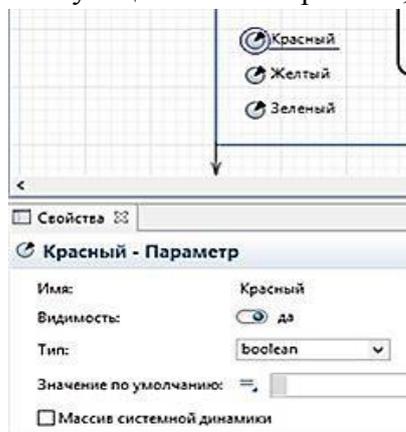


Рис. 24. Добавление трех переменных

Начальные значения этих булевых параметров можно не задавать: по умолчанию они будут равны **false**. В свойствах состояния **Движение** в поле **Действие при входе** запишите **зеленый=true**, а в поле **Действие при выходе** запишите **зеленый = false** (рис. 25). То же самое запишите для состояния В гиперсостояния **Внимание**, а у состояния А эти поля нужно оставить пустыми – когда светофор находится в этом состоянии, он не горит. Аналогично в состоянии **Медленно** нужно включить желтый сигнал, т. е. при входе в это состояние установить параметр **желтый** в **true**, а при выходе из этого состояния установить его в **false**. Для состояния **stop** аналогично опишите состояния параметра **Красный**. Для состояния **Приготовиться** оба параметра (**Красный** и **Желтый**) нужно установить в **true** при входе и в **false** при выходе.

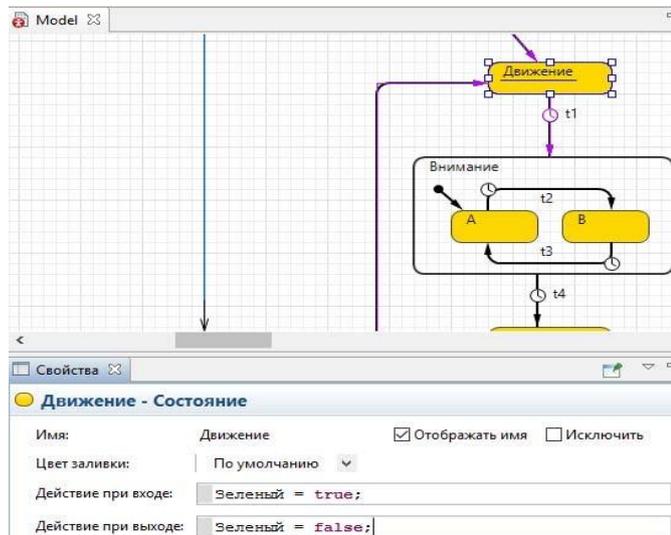


Рис. 25. Свойство состояния *Движение*

### Презентация модели

Презентация модели рисуется в той же диаграмме (в графическом редакторе), в которой задается и диаграмма моделируемого процесса (рис. 26). Графические объекты цвета сигнала светофора в презентации имеют динамические параметры, все остальные – статические. Светофор строится из трех овалов, повернутых на 45° (поле **Поворот** вкладки **Дополнительные окна свойств овала**).

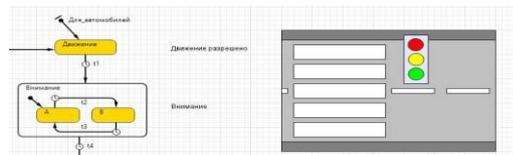


Рис. 26. Модель пешеходного перехода

Установим динамическое значение цвета верхнего сигнала светофора: если переменная **Красный** истинна, то цвет должен быть red (красный), в противном случае его цвет нужно установить gray (серый). Это записывается следующим условным выражением на языке Java: Красный? red: gray. Данное выражение необходимо записать в поле **Цвет заливки**, предварительно сделав его динамическим, нажав на значок , который преобразуется в «завернутую» стрелочку (рис. 27).

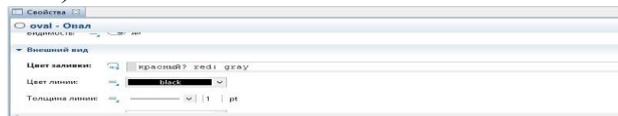


Рис. 27. Свойства переключения светофора

Цвет среднего и нижнего овалов следует установить в поле их динамических значений: желтый? yellow: gray зеленый? green: gray red, yellow, green и gray – предопределенные константы, обозначающие стандартные цвета. Запустите модель и проверьте ее работу.

### Срабатывание перехода по сигналу

Добавим к модели второй светофор, для пешеходов. Он будет иметь два сигнала, зеленый и красный, и три состояния: **Идите** (зеленый), **Внимание** (мигающий зеленый) и **Стойте** (красный). Добавим в модель два булевых параметра **Стойте** и **Идите**, их значениями будет управлять второй стейтchart – для пешеходов. Создадим этот стейтchart на той же диаграмме класса Model, назвав его **Для\_пешеходов** (рис. 28).

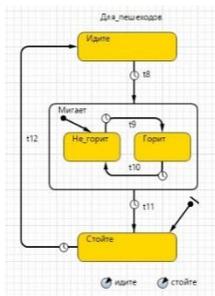


Рис. 28. Стейтchart светофора для пешеходов

Поскольку управление светофором для пешеходов похоже на управление светофором для автомобилей, новый стейтchart можно построить, скопировав и изменив уже построенный стейтchart **Для\_автомобилей**. Выделите три состояния стейтchart **Для\_автомобилей** и вставьте их в другое место диаграммы. Эти элементы скопируются, им автоматически будут даны уникальные имена (для того чтобы не было конфликта имен). Переименуйте состояния стейтchart **Для\_пешеходов**, дорисуйте недостающий переход **t12** и перенесите начало диаграммы на состояние **Стойте**, как показано на рис. 28.

Измените параметры в полях **Действие при входе** и **Действие при выходе** в свойствах состояний стейтchart **Для\_пешеходов**. Теперь стейтchart должен управлять параметрами **Идите** и **Стойте**, которые будут управлять зажиганием света именно пешеходного светофора.

Настроим условия срабатывания переходов стейтchartов между состояниями. Для обеспечения безопасной работы пешеходного перехода необходимо синхронизировать срабатывания стейтchartов так, чтобы всегда, когда светофор для пешеходов находится в состояниях **Идите** или **Мигает**, светофор для автомобилей обязательно находился бы в состоянии **Stop**. Для этого можно подобрать подходящие таймауты срабатывания переходов стейтchartа, но при каждом изменении модели эти таймауты придется подбирать снова и снова. Более разумно синхронизировать стейтchartы, посылая специальные разрешающие сигналы из одного стейтchartа в другой.

В рассматриваемой модели стейтchartы будут обмениваться следующими сигналами: **АВТОМОБИЛИ** и **ПЕШЕХОДЫ**. В стейтchartе **Для\_пешеходов** переход **t12** будет срабатывать, когда получен сигнал **ПЕШЕХОДЫ**, который будет генерироваться в стейтchartе **Для\_автомобилей** при переходе **t5** в состояние **Stop**. В свою очередь в стейтchartе **Для\_автомобилей** переход **t6** будет срабатывать, когда получен сигнал **АВТОМОБИЛИ**, который генерируется в стейтchartе **Для\_пешеходов** при переходе **t11** в состояние **Стойте** (рис. 29).

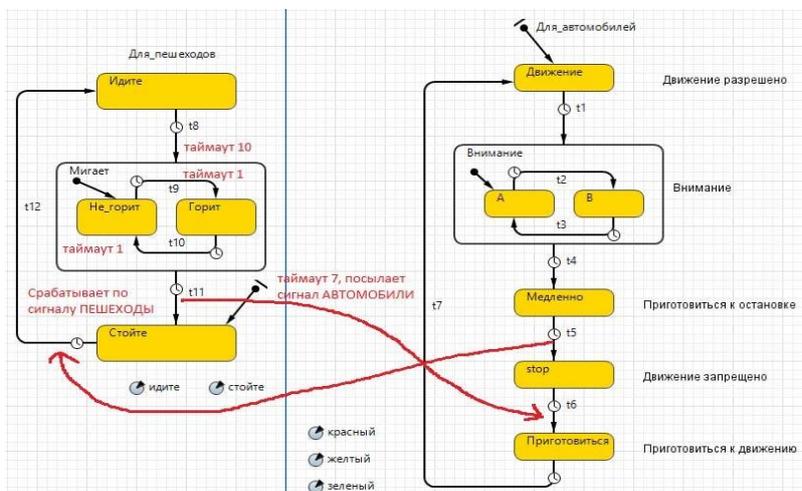


Рис. 29. Связь двух диаграмм

В AnyLogic есть несколько способов передачи сообщения в диаграмму состояний. В указанной модели лучше использовать метод `fireEvent()`, который должен вызываться в том стейтчарте, которому предназначено сообщение, т. е. если из некоего объекта необходимо послать сообщение стейтчарту, то в этом объекте нужно написать команду `стейтчарт.fireEvent(сообщение)`. Поэтому в поле **Действие** перехода **t5** стейтчарта **Для\_автомобилей** нужно вставить команду `Для_пешеходов.fireEvent("ПЕШЕХОДЫ")`. В такое же поле перехода **t11** стейтчарта **Для\_пешеходов** вставьте команду `Для_автомобилей.fireEvent("АВТОМОБИЛИ")`. Таким образом, каждый из светофоров будет информировать другого о своем переходе в состояние запрещения движения, как пешеходов, так и автомобилей.

Для срабатывания перехода стейтчарта при получении нужного сообщения, в стейтчарте **Для\_пешеходов** в поле **Происходит** окна свойств перехода **t12** выберите вариант **При получении сообщения**, укажите тип сообщения **String**, а в поле **Осуществлять переход** выберите **При получении заданного сообщения** и введите **"ПЕШЕХОДЫ"** (рис. 30).

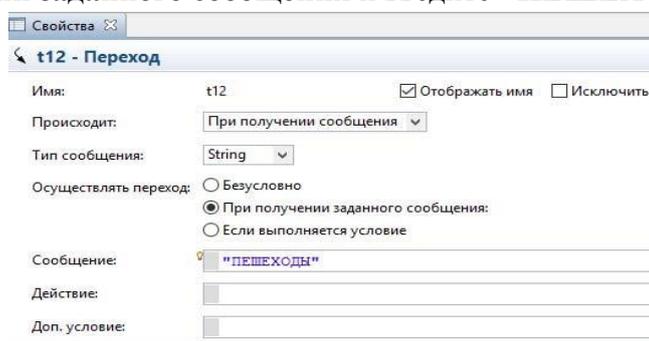


Рис. 30. Окно свойств перехода **t12**

Аналогично для срабатывания перехода автомобильного стейтчарта по сигналу от пешеходного стейтчарта в стейтчарте **Для\_автомобилей** в поле **Происходит** окна свойств перехода **t6** выберите вариант **При получении сообщения**, укажите тип сообщения **String**, а в поле **Осуществлять переход** выберите **При получении заданного сообщения** и введите **"АВТОМОБИЛИ"**.

Остальные переходы этих стейтчартов будут срабатывать по таймаутам, как и прежде. Проверьте по рис. 29 установленные параметры переходов стейтчартов. Запустите модель на выполнение.

На презентации модели, в дополнение к светофору для автомобилей, следует нарисовать светофор для пешеходов с двумя сигналами – красной надписью **СТОЙТЕ** и зеленой **ИДИТЕ** (как показано на рис. 31). Динамикой цвета этих надписей будут управлять логические параметры **Стойте** и **Идите**, которые нужно создать на диаграмме по аналогии с параметрами **Красный**, **Желтый** и **Зеленый**.

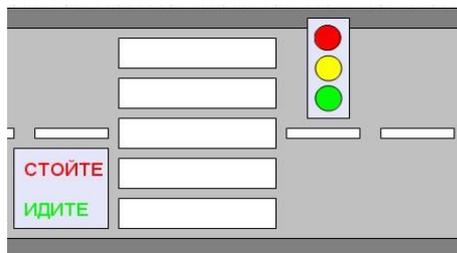


Рис. 31. Презентация с пешеходным светофором

### Задания на самостоятельную работу

1. Измените модель таким образом, чтобы в автоматическом режиме (без кнопки) регулировалось движение двух пересекающихся дорожных потоков, т. е. создайте модель

- двух трехцветных светофоров со следующей последовательностью сигналов: зеленый – зеленый мигающий – желтый – красный – (красный + желтый) – зеленый.
- Измените модель светофора с кнопкой таким образом, чтобы пешеход видел, нажата уже кнопка или нет, например, с помощью надписи.
  - Измените модель таким образом, чтобы трехцветный светофор переключался в полуавтоматическом режиме по нажатию кнопок регулировщиком: по кнопке **КРАСНЫЙ** начинает мигать зеленый свет, затем зажигается желтый и через несколько секунд – красный; по кнопке **ЗЕЛЕНый** зажигаются одновременно красный и желтый, затем горит зеленый.
  - Измените модель таким образом, чтобы частота мигания зеленого света регулировалась с помощью слайдера.
  - Измените модель автоматических светофоров для автомобилей и пешеходов (без кнопки), удалив переходы по сигналу, и подберите подходящие таймауты для согласованной работы светофоров.
  - Измените модель светофора с кнопкой таким образом, чтобы с помощью слайдера можно было регулировать время, через которое повторное нажатие кнопки **ПЕРЕХОД** приведет к переключению светофора для автомобилей в режим ожидания.
  - Как передать сигнал от стейтчарта СТ\_1 стейтчарту СТ\_2 ?

### Лабораторная работа № 3. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ МАЯТНИКА

#### Постановка задачи

Необходимо построить модель маятника. Колебательные движения механических систем широко распространены в технике: качания маятников, движения поршней двигателей внутреннего сгорания, колебания струн, стержней и пластин, вибрации двигателей, фундаментов и др. Тело единичной массы прикреплено к неподвижному кронштейну с помощью нерастяжимой и несжимаемой нити длиной  $l$ . Необходимо исследовать колебательные движения тела (рис. 32).

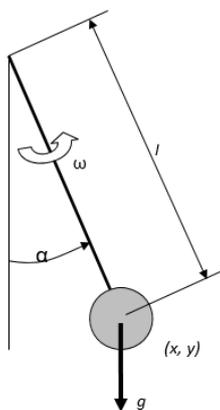


Рис. 32. Схема маятника

#### Концептуальная постановка задачи

Примем следующие предположения:

- Объектом исследования является тело массой 1, принимаемое за материальную точку.
- Движение тела подчиняется второму закону Ньютона.
- Тело находится под действием трех сил: силы тяжести  $mg$ , реакции натяжения нити и силы сопротивления воздуха, пропорциональной квадрату скорости движения.
- Тело совершает колебательные движения, так как сила тяжести  $mg$  уравновешивается вертикальной составляющей реакции натяжения нити.

### Математическая постановка задачи

С математической точки зрения имеем задачу Коши:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega; \quad \frac{d\omega}{dt} = -\frac{g \sin(\alpha)}{l} - \mu - \omega^2,$$

$$x = l \sin(\alpha); y = l \cos(\alpha),$$

$$\alpha(0) = \alpha_0; \quad \omega(0) = 0,$$

где  $\alpha$  – текущий угол отклонения маятника от вертикали;  $\omega$  – его угловая скорость;  $\mu$  – коэффициент сопротивления среды (будем считать, что сопротивление среды пропорционально квадрату угловой скорости).

### Описание модели

Необходимо построить модель по вышеприведенным задачам. Модель должна содержать две переменных состояния *alpha* и *omega* и три параметра *l*, *mu* и *g*, а также начальное значение переменной *alpha*, которая задается параметром с именем *alpha0*. Переменные *x* и *y* задают координаты центра масс маятника, значения которых можно вычислить по формулам, в соответствии со схемой рис. 32.

В корневом объекте модели создайте четыре переменных: *x*, *y*, *alpha* и *omega*. Переменные *x* и *y* следует задать формулами, а *alpha* и *omega* – интегралами по задаче Коши. Начальное значение угловой скорости *omega* равно 0. Четыре параметра *l*, *mu*, *g* и *alpha0* также необходимо создать на диаграмме класса активного объекта.

Обратите внимание на уравнение  $\frac{d\omega}{dt} = -\frac{g \sin(\alpha)}{l} - \mu\omega^2$ : при возведении  $\omega$  в квадрат  $dt$  член уравнения  $-\mu\omega^2$  всегда будет отрицательным независимо от направления движения маятника (знака переменной  $\omega$ ), т. е. будет потеряно направление действия силы сопротивления, что приведет к ошибке. Необходимо видоизменить это уравнение так, чтобы знак угловой скорости не потерялся:  $\frac{d\omega}{dt} = -\frac{g \sin(\alpha)}{l} - \mu\omega|\omega|$ .

### Презентация

В презентации определите четыре области. В центральной с помощью двух линий и овала нарисуйте маятник. У линии, изображающей нить, один конец всегда имеет координаты (0, 0), этот конец нити привязан к неподвижной опоре. Второй конец нити имеет координаты *x* и *y*, этот конец нити привязан к маятнику.

Соответственно, на закладке **Динамические панели** свойств линии, отображающей нить, в поле значений координат начала нити *X* и *Y* введите 0, в поле значений координат конца нити *dX* и *dY* введите величины *x* и *y* (рис. 33). Это приведет к тому, что при работе модели концы отрезка всегда будут находиться в точках с координатами (0, 0) и (*x*, *y*). У овала во вкладке с динамическими значениями координат установите *x* и *y*.

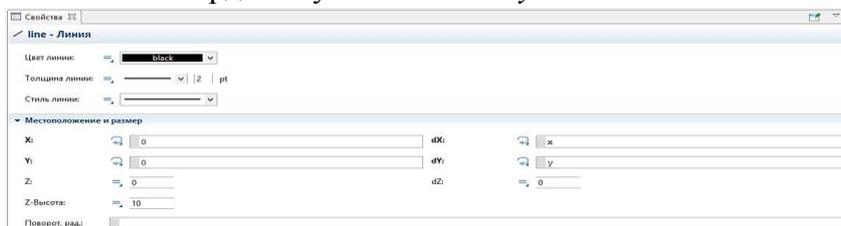


Рис. 33. Свойство линии

Третья область должна содержать название модели и небольшой поясняющий текст.

Нижняя часть третьей области должна включать два специальных поля для ввода данных: **Текстовое поле**, более известное как поле редактора, или *editBox*. В эти поля при работе модели можно вводить новые значения параметров *l* и *mu*, изменяя их в процессе выполнения модели.

В нижней части диаграммы класса активного объекта разместите графики зависимости  $\alpha$  (ось Y) и  $\omega$  (ось Y) от времени (ось X, прописывается как time()) и фазовую диаграмму зависимости  $\alpha$  (ось Y) от  $\omega$  (ось X).

Постройте модель, как показано на рис. 34, и продемонстрируйте ее преподавателю.

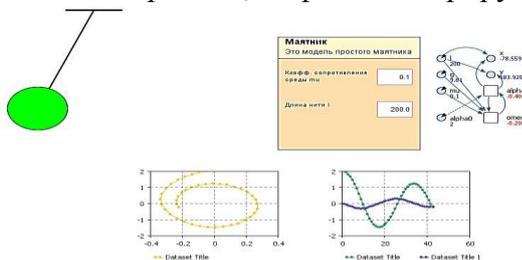


Рис. 34. Модель маятника

### Описание проблемы

Необходимо построить модель динамической системы, в которой требуется учесть как непрерывные процессы (движение маятника), так и дискретные события (изменение структуры системы при встрече с ограничителем).

Модель представляет собой детализированный вариант предыдущей модели маятника. Маятник при соприкосновении нити с ограничителем начинает закручиваться вокруг ограничителя, т. е. в модели появляется второй центр вращения. Уравнения, описывающие движение маятника без ограничителя (на нити длиной  $L + l$ ) и с ограничителем (на нити длиной  $l$ ), представлены ниже:

1) движение без ограничения:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega; \quad \frac{d\omega}{dt} = \frac{g \sin(\alpha)}{L + l} - \mu - \omega^2,$$

$$x = (L + l) \sin(\alpha),$$

$$y = (L + l) \cos(\alpha);$$

2) движение при ограничении:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega; \quad \frac{d\omega}{dt} = -\frac{g \sin(\alpha)}{l} - \mu\omega^2,$$

$$x = l \sin(\alpha) + L \sin(\alpha_{Pin}),$$

$$y = l \cos(\alpha) + L \cos(\alpha_{Pin}),$$

где  $\alpha$  – текущий угол отклонения маятника от вертикали;  $\omega$  – его угловая скорость;  $\mu$  – коэффициент сопротивления среды, пропорциональный квадрату угловой скорости.

Начальные условия:  $\alpha(0) = \alpha_0$ ,  $\omega(0) = 0$ .

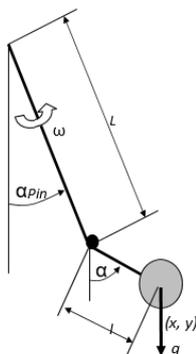


Рис. 35. Модель маятника

Маятник с ограничителем – это система, в которой происходят как непрерывное движение, так и дискретные события, изменяющие характер движения. Такая модель должна содержать уравнения, описывающие непрерывное движение, и стейтчарты для описания дискретных событий.

Модель должна содержать четыре переменные:  $x$ ,  $y$ ,  $alpha$  и  $omega$ , и шесть параметров:  $L$ ,  $l$ ,  $mu$ ,  $alphaPin$ ,  $g$  и  $alpha0$ . Их физический смысл ясен из рис. 35. Как и в предыдущей модели,  $alpha0$  – начальное значение угла отклонения маятника.

Поведение маятника описывается стейтchartом с именем **Колебания** (рис. 36), с двумя состояниями. В одном состоянии описывается непрерывное движение маятника без ограничения (состояние **Без\_ограничения**), в другом (состояние **С\_ограничением**) – описывается движение вокруг ограничителя. В зависимости от состояния, в котором находится система, переменные  $x$ ,  $y$  и  $omega$  будут описываться различными уравнениями.



Рис. 36. Стейтchart перехода маятника

Условия перехода из одного состояния в другое, а следовательно, изменение поведения системы определяются следующим образом. Начальное положение маятника задается его углом  $\alpha0$ . Маятник соприкасается с ограничителем, если он движется против часовой стрелки ( $\omega > 0$ ) и его угол равен  $\alpha Pin$  или если он движется по часовой стрелке и его угол меньше, чем  $(2\pi - \alpha Pin)$ . Запишем это на языке Ява в условии перехода из состояния **Без\_ограничения** в состояние **С\_ограничением**:

$$\alpha \geq \alpha Pin \ \&\& \ \omega > 0 \ || \ \alpha \leq -(2 * PI - \alpha Pin) \ \&\& \ \omega < 0$$

Условие перехода от движения с ограничением к движению без ограничения запишем аналогичным образом:

$$\alpha > 0 \ \&\& \ \alpha \leq \alpha Pin \ \&\& \ \omega < 0 \ || \ \alpha < 0 \ \&\& \ \alpha \geq -(2 * PI - \alpha Pin) \ \&\& \ \omega > 0$$

При соприкосновении с ограничителем и изменении длины нити маятника должна сохраняться его линейная скорость, значит, справедливо соотношение

$$\omega_{огр} = \omega_{не\_огр} (L + 1) / l,$$

$$\omega_{не\_огр} = \omega_{огр} l / (L + 1).$$

Здесь  $\omega_{огр}$  и  $\omega_{не\_огр}$  – угловая скорость маятника при движении с ограничителем и без ограничителя соответственно.

Эти соотношения следует записать в соответствующие поля **Действие** панели свойств переходов стейтchartа (рис. 37).

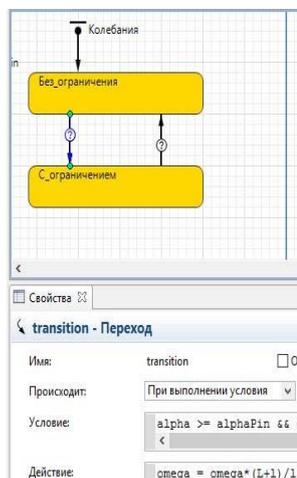


Рис. 37. Действие при переходе

Теперь настало время задать различные формулы для переменных  $x$ ,  $y$  и  $\omega$  в зависимости от состояния системы. Для этого можно использовать метод класса **isStateActive**( ). Если модель работает по схеме без ограничения, то вызов метода **Колебания.isStateActive(Без\_ограничения)** вернет значение **true**. Если модель работает по ограниченной схеме, то вызов этого метода вернет значение **false**. Откройте свойства переменной  $\omega$  и в поле  $d(\omega)/dt=$  запишите следующее условное выражение:

$\text{Колебания.isStateActive}(C\_ограничением)? -g*\sin(\alpha)/l - \mu*\omega*abs(\omega) : -g*\sin(\alpha)/(L+l) - \mu*\omega*abs(\omega)$

По аналогичному принципу запишите уравнения для переменных  $x$  и  $y$ . Для переменной  $\alpha$  уравнение в обоих состояниях остается неизменным.

### Презентация

Презентацию в этой модели следует построить так же, как и в предыдущей модели простого маятника. Координаты  $(X, Y)$  ограничителя, который задается овалом, определены так:

$X: L*\sin(\alpha_{Pin})$

$Y: L*\cos(\alpha_{Pin})$

Для отрисовки нити следует использовать два отрезка. Один отрезок анимирует движение нити  $L$ , другой – движение нити  $l$ .

Координаты начала нити  $L$  строятся точно так же, как и в ч.1 лабораторной работы. А вот координаты конца нити  $L$  (или начала  $l$ ) строятся иначе; заметьте, что в этих точках нити соединяются и их координаты будут одинаковы – это точка излома.

Координаты точки излома зависят от того, по какой схеме (ограниченной или не ограниченной) работает модель в текущий момент. Предположим, что модель работает по схеме без ограничителя, т. е. нить не встречает препятствия. Тогда координату точки излома можно найти так:

$X: L * \sin(\alpha), Y: L*\cos(\alpha)$

Соответственно, в случае, когда модель работает по схеме с ограничителем, т. е. нить коснулась препятствия и остановилась, координата ее точки излома совпадет с координатой ограничителя:

$X: L * \sin(\alpha_{Pin}), Y: L*\cos(\alpha_{Pin})$

Остается только определить, по какой схеме модель работает в текущий момент. Для этого следует использовать уже известный метод класса **isStateActive**().

Для определения координаты  $X$  конца нити  $L$  запишите следующее выражение:  **$L*\sin(\text{Колебания.isStateActive}(\text{Без\_ограничения})? \alpha: \alpha_{Pin})$**  и аналогично для координаты  $Y$ .

Координаты конца нити  $l$  совпадают с координатами центра овала, т. е. они должны быть  $x$  и  $y$ , но в свойствах линии требуется указать смещение конца по осям  $X$  и  $Y$  относительно начала линии. Поэтому в поле **dx**: динамических свойств линии  $L$  нужно указать не координату  $x$ , а разницу между  $x$  и координатой начала линии по оси

$X$ , т. е.  **$x - L*\sin(\text{Колебания.isStateActive}(\text{Без\_ограничения})? \alpha: \alpha_{Pin})$**

Аналогично заполняется поле **dy**.

Достройте презентацию модели, как показано на рис. 38, и продемонстрируйте построенную модель преподавателю.

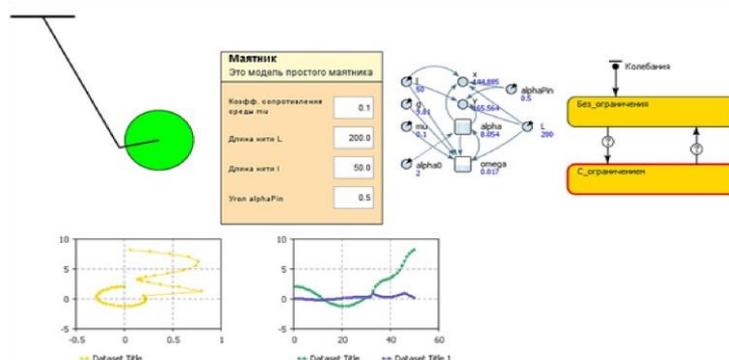


Рис. 38. Модель маятника с ограничением

### Задания на самостоятельную работу

1. Измените модель таким образом, чтобы сила тяжести была направлена по горизонтальной оси.
2. Доработайте презентацию модели таким образом, чтобы при смене направлений движения маятник менял цвет (вверх-вниз).
3. Доработайте презентацию модели таким образом, чтобы при зависании в верхней точке траектории маятник менял цвет.
4. Измените модель таким образом, чтобы сила тяжести была направлена вверх.
5. Доработайте презентацию модели таким образом, чтобы при смене направлений движения маятник менял цвет (вправо-влево).
6. Доработайте модель таким образом, чтобы маятник сопровождала движущаяся рядом надпись, показывающая мгновенное значение линейной скорости.

### Лабораторная работа № 4. МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ В ОРГАНИЗАЦИИ

#### Постановка задачи

Для приёма и обработки документов в организации назначена группа из трёх сотрудников. Ожидаемая интенсивность потока документов – 15 документов в час. Среднее время обработки одного документа одним сотрудником  $t_{об.с} = 12$  мин. Каждый сотрудник может принимать документы из любой организации. Освободившийся сотрудник обрабатывает последний из поступивших документов. Поступающие документы должны обрабатываться с вероятностью не менее 0,95. Определите, достаточно ли назначенной группы из трёх сотрудников для выполнения поставленной задачи.

#### Аналитическое решение

Группа сотрудников работает как СМО, состоящая из трёх каналов, с отказами, без очереди. Поток документов с интенсивностью  $\lambda = 15$  (1/ч) можно считать простейшим, так как он суммарный от нескольких организаций. Интенсивность обслуживания

$$\mu = \frac{1}{t_{об.с}} = \frac{60}{12} = 5 \text{ (1/ч)}$$

Закон распределения неизвестен, но это несущественно, так как показано, что для систем с отказами он может быть произвольным. Граф состояний СМО – это схема «гибели и размножения». Для неё имеются готовые выражения для предельных вероятностей состояний системы:

$$P_1 = \frac{p}{1!} P_0, P_2 = \frac{p^2}{2!} P_0, \dots, P_n = \frac{p^n}{n!} P_0, P_{n+1} = \frac{p^{n+1}}{n n!} P_0, \dots, P_{n+m} = \frac{p^{n+m}}{n^m n!} P_0, P_0 = \left(1 + \frac{p}{1!} + \dots + \frac{p^n}{n!} + \frac{p^{n+1}}{n n!} + \frac{p^{n+2}}{n^2 n!} + \dots + \frac{p^{n+m}}{n^m n!}\right)^{-1}$$

Отношение  $p = \lambda/\mu$  называют приведенной интенсивностью потока документов (заявок). Физический смысл её следующий: величина  $p$  представляет собой среднее число заявок, приходящих в СМО за среднее время обслуживания одной заявки. В задаче

$$p = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{15}{5} = 3.$$

В рассматриваемой СМО отказ наступает при занятости всех трёх каналов, т. е. при  $P_{\text{отк}} = P_3$ . Тогда

$$P_0 = \left(1 + \frac{3}{1} + \frac{3^2}{2!} + \frac{3^3}{3!}\right)^{-1} = 0,77, P_3 = \frac{3^3}{3! P_0} = 4,5 \cdot 0,077 = 0,346.$$

Так как вероятность отказа в обработке документов составляет более 0,34 (0,346), то необходимо увеличить количество сотрудников группы. Увеличим состав группы в два раза, т. е. СМО будет иметь теперь шесть каналов, и рассчитаем  $P_{\text{отк}}$ :

$$P_0 = \left(1 + \frac{3}{1} + \frac{3^2}{2!} + \frac{3^3}{3!} + \frac{3^4}{4!} + \frac{3^5}{5!} + \frac{3^6}{6!}\right)^{-1} = 0,051,$$

$$P_6 = \frac{3^6}{6!} P_0 = \frac{729}{720} = 4,012 \cdot 0,051 = 0,052.$$

Теперь

$$P_{\text{об. с}} = 1 - P_{\text{отк}} \approx 0,95$$

Таким образом, только группа из шести сотрудников сможет обрабатывать поступающие документы с вероятностью 0,95.

### Решение задачи в AnyLogic

Создайте модель **Обработка документов**. Объекты и элементы указанной модели показаны на рис. 39. Перетащите их на агента Main, разместите, соедините и установите значения свойств согласно таблице.

Для ввода исходных данных используйте элемент **Параметр**, тип первых двух – **double**, третьего – **int**:

- 1) **срИнтПост** – средний интервал поступления документов, по умолчанию – 4;
- 2) **срВрОбр** – среднее время обработки документа, по умолчанию – 12;
- 3) **колСотруд** – количество сотрудников, по умолчанию – 3.

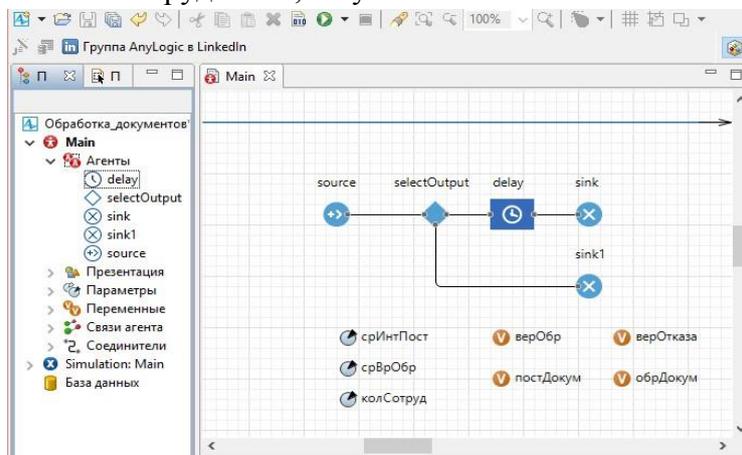


Рис. 39. Модель обработки документов

## Объекты и элементы модели ОбрДокументов

Свойство	Значения
Имя	source
Тип заявки	Entity
Прибывают согласно	Времени между прибытиями
Время между прибытиями	exponential(1/срИнтПост)
Действия При выходе:	постДокум++;
Имя	selectOutput
Выход true выбирается	При выполнении условия
Условие	delay.size()<колСотруд
Имя	delay
Тип	Определённое время
Время задержки	exponential(1/срВрОбр)
Вместимость	колСотруд
Включить сбор статистики	Установить флажок
Имя	sink
Действие При входе:	обрДокум++; верОбр=обрДокум/постДокум; верОтказа=1-верОбр;

Для вывода результатов моделирования используются элементы **Переменная**, тип которых – double:

- 1) постДокум – количество поступивших документов;
- 2) обрДокум – количество обработанных документов; 3) верОбр – вероятность обработки документов; 4) верОтказа – вероятность необработки документов.

AnyLogic-модель построена.

Выделите в окне **Проекты Simulation:Main**.

На странице **Модельное время** выберите из списка **Остановить: В заданное время**.

Введите **Конечное время**: 600000 (модельное время увеличено в 10000). Режим выполнения: **Виртуальное время** (максимальная скорость).

На странице **Случайность** установите **Фиксированное начальное число** (воспроизводимые прогоны) и **Начальное число**: 1055.

Запустите модель. Вы должны получить результаты, приведенные на рис. 40.

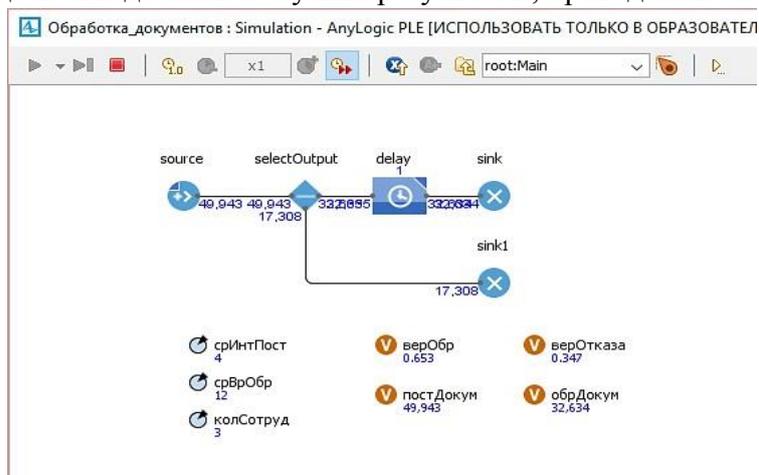


Рис. 40. Результат решения задачи в AnyLogic

Вероятность необработки всех документов **верОтказа** = 0,347, т. е. отличается от полученного аналитическим путём решения на 0,001. Хотя это отличие можно отнести на счёт округления до трёх знаков после запятой.

Теперь измените количество сотрудников с трёх на шесть. Для этого выделите элемент **Параметр** с именем **колСотруд** и установите по умолчанию 6. Все остальные данные оставьте без изменения. Запустите модель. Вероятность необработки документов **верОтказа** = 0,053, т. е. отличается от полученного аналитическим путём решения на 0,001.

Сравнительную оценку можно было бы провести и при проведении расчётов с большим числом знаков после запятой, т. е. с большей точностью.

### Задания на самостоятельную работу

1. Какие из полученных результатов можно использовать для предварительной оценки адекватности модели?
2. Каким образом можно задать значение приоритета транзакта?
3. Для приёма и обработки документов в организации назначена группа из пяти сотрудников. Ожидаемая интенсивность потока документов – 30 документов в час. Среднее время обработки одного документа одним сотрудником  $t_{об.с} = 10$  мин. Каждый сотрудник может принимать документы из любой организации. Освободившийся сотрудник обрабатывает последний из поступивших документов. Поступающие документы должны обрабатываться с вероятностью не менее 0,9. Определите, достаточно ли назначенной группы из пяти сотрудников для выполнения поставленной задачи.
4. Проанализируйте методику разработки моделей в AnyLogic, разобрав ее на примере выполненной лабораторной работы.
5. Сервер обрабатывает запросы, поступающие с автоматизированных рабочих мест с интервалами, распределенными по показательному закону со средним значением 1,5 мин. Время обработки сервером одного запроса распределено по экспоненциальному закону со средним значением 4 мин. Сервер имеет входной буфер ёмкостью 7 запросов. Постройте имитационную модель для определения математического ожидания времени и вероятности обработки запросов.
6. Какие изменения необходимо внести в модель, чтобы представить работу двух параллельно работающих серверов? Проанализируйте результаты первого и второго эксперимента с одним и двумя серверами.

**Типовые задания контрольной работы  
по дисциплине «Имитационное моделирование»**

***Знать – ПК-1.1ИИП. 3-1***

Задание 1. Определить площадь фигуры, заданной координатами вершин, методом Монте-Карло, проведя 25 испытаний. Определить площадь фигуры аналитически и сравнить полученные результаты. A(5;0), B(2;3), C(10;18), D(15;15), E(20,5), F(10;0)

Задача 2. Получите выборку из 10 равномерно распределенных псевдослучайных чисел методом серединных квадратов. Начальное значение выберите самостоятельно.

**Типовой комплект заданий для тестов  
по дисциплине «Имитационное моделирование»**

Полный комплект тестовых материалов по входному тестированию размещен на образовательном портале «АГАСУ»

**Типовые тесты для входного тестирования**

1. Специалисты в области принятия решений должны обладать:

- а) Знаниями о существующих методах поддержки принятия решений;
- б) Умениями и навыками работы со средствами поддержки принятия решений;
- в) Способностями в области математического моделирования планируемых процессов;
- г) Умениями применять на практике накопленный опыт принятия решений.

2. Выберите правильное определение термина «Принятие решения»:

- а) Спектр человеческой деятельности, состоящий в оптимальном выборе наилучшего варианта из имеющихся с учетом критериев оптимизации;
- б) Процесс поиска наиболее предпочтительного варианта без учета критериев оценки;
- в) Поиск вариантов, направленных на решение поставленной проблемы или задачи;
- г) Особый вид человеческой деятельности, состоящий в обоснованном выборе наилучшего в некотором смысле варианта из имеющихся возможных.

3. Лицо, принимающее решение должно:

- а) Оперативно принимать решения в любых ситуациях;
- б) Выбирать из предложенных вариантов тот, который соответствует его точке зрения;
- в) Абстрагироваться от возможной ответственности;
- г) Всегда основываться на применении математических моделей.

4. Современные СППР (Decision Support System, DSS), возникшие как естественное развитие автоматизированных систем управления и систем управления базами данных, представляют собой:

- а) системы, приспособленные к решению задач управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь ЛПР в решении неструктурированных задач;
- б) системы, приспособленные к решению задач управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь ЛПР в решении слабоструктурированных задач многокритериальных;
- в) системы, приспособленные к решению задач управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь ЛПР в решении чисто информационных задач;
- г) системы, приспособленные к решению задач управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь ЛПР в решении неструктурированных и слабоструктурированных задач.

5. Современные СППР (Decision Support System, DSS) могут содержать такие блоки, как:

- а) База данных и/или База знаний;
- б) СУБД и/или систему управления базой знаний;
- в) Системы, приспособленные к решению задач управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь ЛПР в решении чисто информационных задач;
- г) Системы, приспособленные к решению задач управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь ЛПР в решении неструктурированных и слабоструктурированных задач.

6. Выделите правильную последовательность процедур технологии генерации решения с помощью СППР (интеллектуальной):

- а) Анализ полученного варианта решения (варианты) и в случае надобности изменение условий их получения.
- б) Выполнение постановки задачи и выбор модели базы знаний;
- в) Наполнение системы знаниями и данными;
- г) Формирование проблемы, цели или гипотезы, а также выбор критерия оценки принятого решения.

7. Какие подсистемы входят в системы поддержки принятия решений?

- а) Системы поддержки генерации решений;
- б) Системы управления базами данными;
- в) Системы имитационного моделирования;
- г) Системы поддержки выбора решений.

8. Какие методы используют в системах поддержки принятия решений?

- а) Метод аналитических сетевых процессов;
- б) Метод Гаусса;
- в) Метод аналитических иерархических процессов;
- г) Методы математического моделирования.

9. Как можно классифицировать системы поддержки принятия решений?

- а) На уровне пользователя;
- б) В зависимости от языка программирования;
- в) На концептуальном уровне;
- г) В зависимости от области применения;

10. Какие архитектуры систем поддержки принятия решений бывают?

- а) Независимые витрины данных;
- б) Зависимые витрины данных;
- в) Трехуровневое хранилище данных;
- г) Одноуровневое хранилище данных;

11. Какие тенденции в области ИТ-технологий способствовали появлению СППР?

- а) Потребности топ - менеджмента РФ;
- б) Широкое распространение персональных компьютеров и средств телекоммуникаций;
- в) Отсутствие стандартизированных пакетов прикладных программ;
- г) Достижения в области искусственного интеллекта.

12. Выработка решения в рамках информационной технологии поддержки принятия решения происходит в рамках итерационного процесса, в котором участвуют:

- а) Традиционная транзакционная АИС;
- б) Информационно-справочная система;
- в) ЛПП;
- г) Сотрудники ИТ-подразделения предприятия.

13. Без каких компонентов СППР не сможет решать в полном объеме возложенные на нее задачи:

- а) База данных, база моделей;
- б) Универсальные системные утилиты обеспечения совместимости с операционной системой;
- в) СУБД, СУБМ, система управления интерфейсом системы;
- г) Антивирусное программное обеспечение.

14. К какому классу программных средств в большей степени можно отнести СППР?

- а) Традиционные транзакционные системы;
- б) Информационно-справочные системы;
- в) Информационно-аналитические системы;
- г) Интеллектуальные информационные системы

**Типовой комплект заданий для тестов**

Полный комплект тестовых материалов по итоговому тестированию размещен на образовательном портале «АГАСУ»

**Типовые тесты для итогового тестирования**

**Знать – ПК-1.1ИИП. 3-1**

1. Что представляет собой процесс имитационного моделирования?
  - a) Решение алгебраических уравнений
  - b) Создание точных математических моделей
  - c) Моделирование системы с использованием случайных величин
  - d) Интегрирование функций
2. Какая из следующих функций является примером стохастической функции в имитационном моделировании?
  - a)  $\sin(x)$
  - b)  $e^x$
  - c)  $\text{rand}()$
  - d)  $\log(x)$
3. Что такое «Жизненный цикл» модели в имитационном моделировании?
  - a) Период активного использования модели
  - b) Срок службы компьютера, на котором выполняется моделирование
  - c) Последовательность этапов создания, верификации, и использования модели
  - d) Время жизни программного обеспечения
4. Что такое «Дискретно-событийное моделирование»?
  - a) Моделирование непрерывных процессов
  - b) Статистический анализ данных
  - c) Моделирование сложных систем
  - d) Моделирование, ориентированное на обработку дискретных событий и их последствий
5. Какое из следующих утверждений является основным принципом имитационного моделирования?
  - a) Модель должна быть сложной и детализированной.
  - b) Модель должна быть построена на основе статистических данных.
  - c) Модель должна адекватно отображать систему и ее поведение.
  - d) Модель должна быть максимально абстрактной.
6. Что представляет собой «математическая модель»?
  - a) Случайный набор математических уравнений
  - b) Графическое представление данных
  - c) Абстракция реальной системы с использованием математических концепций.
  - d) Множество статистических данных
7. Что такое «входные данные» в контексте имитационного моделирования?
  - a) Данные, полученные в результате моделирования
  - b) Случайные числа, используемые в модели
  - c) Данные, необходимые для визуализации модели
  - d) Начальные параметры и условия, влияющие на поведение модели.
8. Что такое «дискретное событийное моделирование»?
  - a) Моделирование, использующее непрерывные функции

- b) Моделирование, основанное на случайных событиях
  - c) Моделирование, учитывающее отдельные события в дискретные моменты времени.
  - d) Моделирование с использованием дифференциальных уравнений
9. Что представляет собой метод Монте-Карло в контексте имитационного моделирования?
- a) Аппроксимация интегралов
  - b) Детерминированные вычисления
  - c) Стохастическое моделирование с использованием случайных чисел Алгоритм Эйлера
10. Какая модель отображена на рисунке в AnyLog?
- a) дискретно-событийная
  - b) агентная
  - c) системная динамика
11. Какие свойства имеются у элемента состояние (State) в AnyLogic?
- a) Действие при запуске
  - b) Действие при уничтожении
  - c) Цвет заливки
  - d) Действие при выходе
12. Можно ли у Source в AnyLogic настроить объект анимации?
- a) Да
  - b) Нет
13. В каких программных системах реализовано имитационное моделирование - динамические системы?
- a) AnyLogic
  - b) Simulink
  - c) Electronics Workbench
14. Какой язык программирования используется в AnyLogic для создания моделей?
- a) Java
  - b) java script
  - c) C++
  - d) C#

**Лист внесения дополнений и изменений  
в рабочую программу учебной дисциплины  
«Имитационное моделирование»  
(наименование дисциплины)**

**на 2025 - 2026 учебный год**

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры «САПРиМ»,  
протокол № 9 от 14 апреля г.

Зав. кафедрой

к.пед.н

*ученая степень, ученое звание*

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/ В.В. Соболева /  
*И.О. Фамилия*

В рабочую программу вносятся следующие дополнения:

1. В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1. П.8.1 представлен в следующей редакции:

**8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**а) основная учебная литература:**

1. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование : учебное пособие / В. Д. Боев, Р. П. Сыпченко. — 4-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 517 с. — ISBN 978-5-4497-0888-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/146350.html>

Составители изменений и дополнений:

к.т.н., доц.

*ученая степень, ученое звание*

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/ С.В.Окладникова /  
*И.О. Фамилия*

Председатель МКС «Информационные системы и технологии (профиль) «Искусственный интеллект в проектировании городской среды»

д.т.н., проф.

*ученая степень, ученое звание*

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

/ В.В. Соболева /  
*И.О. Фамилия*