

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3** **«ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОГО** **ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»**

**Цели лабораторной работы.** Исследование технологии дискретно-событийного имитационного моделирования. Изучение базовых блоков программы моделирования Anylogic и получение практических навыков программирования имитационных моделей.

**Трудоемкость лабораторной работы:** 9 ч (6 ч – аудиторных, 3 ч – самостоятельная работа студента).

**Компетенции студента, формируемые в результате выполнения лабораторной работы.**

- способность проводить моделирование процессов и систем (ПК-5);
- способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений (ПК-25).

#### **Краткие теоретические сведения.**

##### Модельное время

Для обеспечения правильной временной последовательности событий в модели, организованы часы, хранящие значения текущего момента времени в модели. Время в языках моделирования организовано так, что часы меняют свое значение только для того, чтобы указать время наступления ближайшего события. Например, текущее значение часов модели равно 2, а очередное событие должно наступить в момент времени 7 (например, генерация новой заявки), следовательно, значение часов увеличивается сразу на 5 единиц. Основной условной единицей времени в модели можно выбрать любую единицу (секунда, минута, час, год), которая позволит получить необходимую точность моделирования.

В программе Anylogic есть также возможность переключиться в режим реального времени с коэффициентом масштабирования (время может быть замедлено или ускорено относительно реального).

##### Заявки (транзакты, сообщения)

Заявки, или сообщения являются абстрактными подвижными элементами, которые моделируют объекты реального мира: клиентов, покупателей, сообщения, программы, сбои. Перемещаясь между блоками модели, заявки вызывают (и испытывают) различные действия (задержка в некоторых точках модели, изменение маршрутов и направления движения, расщепление заявок на несколько копий).

##### Типовые конструкции программ моделирования

Рассмотрим алгоритмы функционирования типовых узлов моделей систем:

**Задача 1.** Очередь к прибору с ограниченным количеством мест в очереди:

Схема функционирования данной задачи приведена на Рисунке 11.

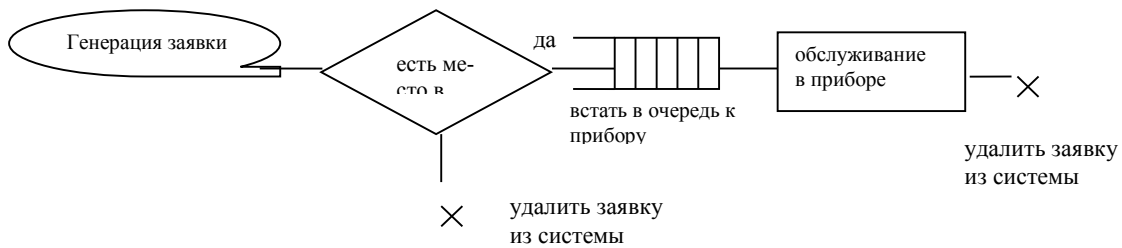


Рисунок 11 – Схема функционирования модели системы с потерями

Очередь с ограниченным числом мест в Anylogic реализуется с помощью блока Queue: размер накопителя задается параметром Capacity, а дисциплина буферизации – во вкладке Advanced.

**Задача 2.** Параллельная обработка заявки двумя приборами.

Схема функционирования данной задачи приведена на Рисунке 12.



Рисунок 12 – Схема функционирования модели системы с параллельной обработкой заявки двумя приборами

Из приведенной схемы видно для того, чтобы проимитировать параллельную обработку заявки двумя приборами необходимо:

- создать копию заявки, поступающей на обслуживание;
- заявка направляется на первый прибор, где обслуживается заданное время;
- указанная копия направляется на второй прибор, где обслуживается заданное время;
- после обработки объединить заявку со своей копией.

В Anylogic копию заявки можно создать с помощью блока Split, а объединить две заявки в одну – с помощью блока Combine.

**Задача 3.** Два потока заявок, поступающих к одному прибору. Схема функционирования данной задачи приведена на Рисунке 13.

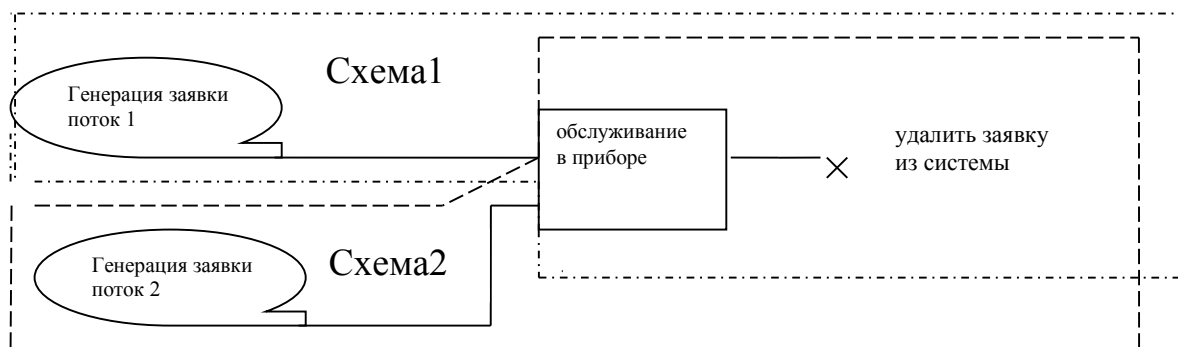


Рисунок 13 – Схема функционирования модели системы с двумя потоками к одному обслуживающему прибору

Имитацию системы с двумя потоками можно разложить на две независимые схемы:

Схема 1 – Поток 1 поступает к прибору и обслуживается в приборе.

Схема 2 – Поток 2 поступает к прибору и обслуживается в приборе.

Соответственно программа может быть представлена двумя независимыми наборами блоков, в каждый из которых входят блоки, описывающие работу устройства обслуживания. Захват прибора заявками из первого или из второго потока будет зависеть от времени появления заявки в системе. Если второй поток прерывает первый, то соответственно второй набор будет включать группу блоков, обеспечивающую прерывание работы прибора и возврат его в исходное состояние.

В Anylogic такой функционал обеспечивается с помощью механизма захвата ресурсов. Для этого надо создать две параллельно работающие схемы с элементами Source, Delay, Sink, задать им соответствующие параметры поступления и обработки каждого потока. Для захвата одного прибора нужен блок ResourcePool емкостью 1, т.е. 1 ресурс (например, это может быть 1 человек, исполняющий операцию, или 1 прибор, с помощью которого выполняется обработка обоих поступающих потоков). Затем в каждую из двух схем до блока Delay надо добавить блок захвата ресурсов Seize. А после блока Delay – блок освобождения ресурсов Release. Параметры этих блоков задаются в соответствии с задачей, в поле Resource sets блока Seize следует добавить созданный ранее ресурс.

**Задача 4.** Поток заявок, поступающих к прибору, проходит несколько циклов обслуживания.

Для того, чтобы обеспечить полное обслуживание заявки, она должна пройти несколько циклов обработки, т.е. многократно занимать и покидать устройство. Так, например, заявка №1 должна пройти четыре цикла обработки, после второго цикла заявка №1 в очередной раз покидает устройство, но в очередь к устройству уже поставлена заявка №2, следовательно, устройство будет занято заявкой №2, которая пойдет на свой первый цикл обслуживания в устройстве, после первого цикла обслуживания заявка №2 покидает устройство и устройство занимает заявка №1.

Схема функционирования данной задачи приведена на рисунке 14, а пояснение приведенного примера – на диаграмме (рисунок 15).

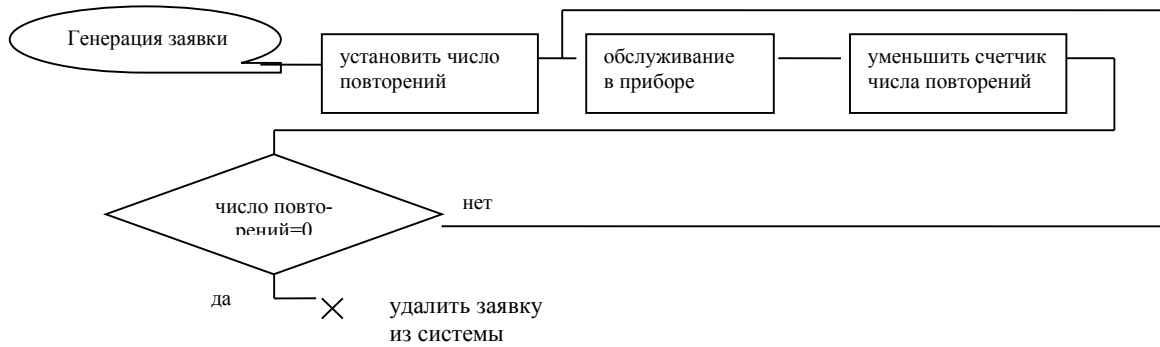


Рисунок 14 – Схема функционирования модели системы с заданным количеством циклов обработки заявки в устройстве



Рисунок 15 – Диаграмма функционирования модели системы с заданным количеством циклов обработки заявки в устройстве

Проверка счетчика числа повторений (циклов) для каждой заявки производится блоком SelectOutput. Для организации этого счетчика можно создать, например, соответствующее свойство агента.

**Задача 5.** Поток заявок распределяется на два прибора, четные заявки обрабатываются на первом приборе, нечетные на втором.

Схема функционирования данной задачи приведена на Рисунке 16.

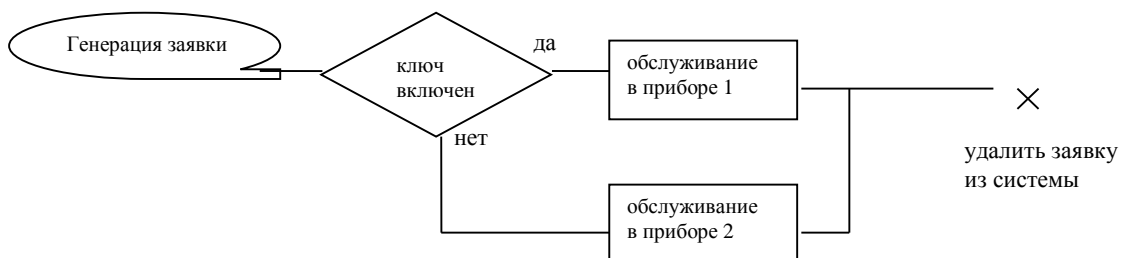


Рисунок 16 – Схема функционирования модели системы с перенаправлением потока на два прибора

Задача реализуется с помощью блока SelectOutput.

### Программа и методика выполнения работы.

1. Запрограммировать имитационные модели в Anylogic с помощью библиотеки моделирования процессов согласно варианту (Таблица 3).
2. Организовать в моделях вывод статистики: вывести гистограммы среднего времени пребывания заявки в системе, загрузки системы, средней длины очереди и среднего времени ожидания заявки.
3. Для каждой задачи разработать граф состояний системы.
4. Запрограммировать имитационные модели в Anylogic с помощью библиотеки диаграмм состояний.
5. Предъявить преподавателю действующие программы (по две имитационные модели на каждую задачу).
6. Оформить отчет по работе.

Таблица 3 – Варианты заданий

| Вариант | Номера задач | Значения параметров  |
|---------|--------------|--|
| 1       | 1            | X1=100, X2=50, X3=70, X4=20                                |
|         | 4            |  |
|         | 9            | X23=40, X24=15, C=10                                       |
| 2       | 10           | X5=200, X6=50, X7=100, X8=30, X9=50, X10=10, X11=15, X12=7 |
|         | 8            | X17=300, X18=50, X19=70, X20=20, X21=30, X22=15            |
| 3       | 1            | X1=200, X2=60, X3=100, X4=45                               |
|         | 5            | X13=70, X14=25, X15=45, X16=20                             |
|         | 11           | P1=0,4, P2=0,6   |
| 4       | 1            | X1=100, X2=50, X3=70, X4=20                                |
|         | 7            | S1=10  |
|         | 9            | X23=33, X24=13, C=10                                       |
| 5       | 1            | X1=120, X2=45, X3=40, X4=15                                |
|         | 2            |  |
|         | 5            | X13=70, X14=20, X15=35, X16=15                             |
| 6       | 1            | X1=12, X2=5, X3=4, X4=1                                    |
|         | 4            |  |
|         | 8            | X17=10, X18=5, X19=7, X20=2, X21=3, X22=2                  |
| 7       | 2            | X5=20, X6=5, X7=10, X8=3, X9=5, X10=1, X11=20, X12=7       |
|         | 6            | X17=30, X18=5, X19=7, X20=2, X21=3, X22=2                  |
| 8       | 1            | X1=220, X2=30, X3=44, X4=22                                |
|         | 10           |  |
|         | 9            | X23=34, X24=22, C=7  |
| 9       | 3            | X5=440, X6=66, X7=88, X8=23, X9=50, X10=20, X11=15, X12=5  |
|         | 8            | X17=220, X18=50, X19=50, X20=20, X21=60, X22=15            |
| 10      | 1            | X1=400, X2=50, X3=120, X4=20                               |
|         | 10           | X13=50, X14=20, X15=40, X16=20                             |
|         | 6            | P1=0,8, P2=0,2   |

| Вариант | Номера задач | Значения параметров   |
|---------|--------------|---|
| 11      | 1            | $X_1=100, X_2=50, X_3=70, X_4=20$                                       |
|         | 11           | $S_1=10$  |
|         | 9            | $X_{23}=33, X_{24}=13, C=10$  |
| 12      | 1            | $X_1=100, X_2=30, X_3=30, X_4=20$                                       |
|         | 4            |   |
|         | 5            | $X_{13}=50, X_{14}=20, X_{15}=40, X_{16}=10$                            |
| 13      | 1            | $X_1=15, X_2=8, X_3=8, X_4=4$   |
|         | 7            |   |
|         | 8            | $X_{17}=15, X_{18}=5, X_{19}=8, X_{20}=6, X_{21}=4, X_{22}=1$           |
| 14      | 3            | $X_5=15, X_6=4, X_7=15, X_8=2, X_9=4, X_{10}=2, X_{11}=15,$             |
|         | 6            | $X_{12}=5, X_{17}=20, X_{18}=5, X_{19}=5, X_{20}=2, X_{21}=4, X_{22}=2$ |
|         | 8            |   |

Согласно варианту из Таблицы 4 необходимо выбрать номера задач, имитационные модели которых необходимо запрограммировать.

Таблица 4 – Словесное описание типовых конструкций программ

| Номер задачи | Описание типовых конструкций программы  |
|--------------|---|
| 1            | Процесс прохождения заявок, поступление которых подчиняется равномерному закону с интервалом $X_1 \pm X_2$ единицы времени, а обработка – равномерному закону со средним временем $X_3 \pm X_4$ единицы.  |
| 2            | На обработку поступает два потока заявок:<br>первый – с интервалом $X_5 \pm X_6$ единиц,<br>второй $X_7 \pm X_8$ единицы.<br>Время обработки заявок первого потока $X_9 \pm X_{10}$ единицы, второго $X_{11} \pm X_{12}$ единицы.<br>а) потоки имеют равные приоритеты обработки;<br>б) приоритет 1-го потока выше приоритета 2-го потока |
| 3            | На обработку поступает два потока заявок:<br>первый – с интервалом $X_5 \pm X_6$ единиц,<br>второй $X_7 \pm X_8$ единицы.<br>Второй поток прерывает обработку заявок первого. Время обработки заявок первого потока $X_9 \pm X_{10}$ единицы, второго $X_{11} \pm X_{12}$ единицы.  |
| 4            | В условиях задачи 1 необходимо произвести параллельную обработку заявки двумя приборами.  |
| 5            | В условиях задачи 1 сообщения могут обрабатываться на одном из двух приборов:<br>на первом – со временем $X_{13} \pm X_{14}$ единицы,<br>на втором $X_{15} \pm X_{16}$ единицы.<br>Причем предпочтительнее обработка на первом приборе.   |

| Номер задачи | Описание типовых конструкций программы   |
|--------------|--|
| 6            | В условиях задачи 5 заявки поступают к блоку THIS с вероятностью P1 и к блоку THAT с вероятностью P2.  |
| 7            | В условиях задачи 1 заявки поступают на обработку с ограниченным числом мест в очереди, равным S1. Если очередь заполнена, то заявки покидают систему.   |
| 8            | На обработку поступает поток заявок с интервалом $X17 \pm X18$ единиц времени.<br>Нечетные заявки обрабатываются на первом приборе со временем $X19 \pm X20$ единицы, четные заявки – на втором приборе со временем $X21 \pm X22$ единицы.   |
| 9            | В условиях задачи 1 каждая заявка проходит C-циклов обработки на приборе со временем $X23 \pm X24$   |
| 10           | На обработку поступает два потока заявок: первый – с интервалом $X5 \pm X6$ единиц, второй $X7 \pm X8$ единицы. Оба потока поступают на обработку с ограниченным числом мест в очереди, равным S1. Если очередь заполнена, то заявки покидают систему. Время обработки заявок для каждого потока $X9 \pm X10$ . Оценить потери для каждого потока. |
| 11           | В условиях задачи 1 необходимо произвести параллельную обработку заявки тремя приборами.   |

### Описание лабораторной установки.

При выполнении лабораторной работы используется компьютер с установленным программой имитационного моделирования Anylogic.

### Результаты экспериментальных исследований.

Зависимости длины очереди, Util и среднего времени пребывания заявки в системе от времени моделирования оформить в виде графиков.

### Содержание отчета.

Отчет по выполняемой лабораторной работе выполняется каждым студентом индивидуально на листах формата А4 в рукописном или машинном варианте исполнения и должен содержать:

- название работы;
- цель и задачи исследований;
- текст программ;
- графики среднего времени пребывания заявки в системе, загрузки системы, средней длины очереди и среднего времени ожидания заявки;
- выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Состав и назначение библиотеки моделирования процессов Anylogic.
2. Состав и назначение библиотеки диаграмм состояний Anylogic.
3. Состав и назначение библиотеки статистики Anylogic.
4. Понятие транзакта (заявки). Сколько транзактов может находиться в модели одновременно?
5. Сколько транзактов может двигаться в модели в один и тот же момент времени?
6. В каких случаях прекращается движение транзакта в модели?
7. Каким образом осуществляется продвижение времени в имитационных моделях?
8. Структура пакета Anylogic, 3 уровня моделирования в программе.
9. Назначение блоков Source, Queue, Delay, Seize, Release, Sink, ResourcePool, SelectOutput, Split, Combine, Service.
10. Каким образом осуществляется сбор статистики в Anylogic?
11. Схема функционирования модели системы с потерями.
12. Схема функционирования модели системы с параллельной обработкой заявки двумя приборами.
13. Схема функционирования модели системы с двумя потоками к одному обслуживающему прибору.
14. Схема функционирования модели системы с заданным количеством циклов обработки заявки в устройстве.
15. Схема функционирования модели системы с перенаправлением потока на два прибора.

### **Библиографический список рекомендуемой литературы**

1. Салмина Н.Ю. Имитационное моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Салмина Н.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Эль Контент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 90 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13930>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Замятина О.М. Моделирование сетей [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Замятина О.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2012.— 160 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34683>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
3. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шелухин О.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2012.— 536 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12002>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.