

# АННОТАЦИЯ

Квалификационная работа "Интерактивная обучающая система по моделированию процессов" посвящена разработке системы, предназначенной для дистанционного обучения основам описания взаимодействия параллельных процессов, создания простейших имитационных моделей и наблюдения за процессом моделирования.

Данная расчётно-пояснительная записка является важной частью дипломного проекта. Она в четкой и краткой форме раскрывает творческий замысел и его реализацию. В ней отражены этапы работы и результаты, полученные при выполнении проекта. Расчетно-пояснительная записка состоит из нескольких частей.

- Конструкторско-технологическая часть состоит из описания предметной области и разработки программного изделия (разработки структуры программы, разработки алгоритмов, структуры данных и интерфейса работы с системой).
- Научно-исследовательская часть содержит выбор и обоснование критериев качества и сравнения аналогов.
- В экономической части содержится смета затрат на разработку данного программного изделия и пояснения к данной смете.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	2
СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. Конструкторско-технологическая часть.....	7
1.1. Общетеchnическое обоснование разработки.....	7
1.1.1. Постановка задачи проектирования.....	7
1.1.2. Описание предметной области.....	8
1.1.3. Перечень задач, подлежащих решению.....	8
1.2. Разработка программного изделия.....	9
1.2.1. Разработка структуры программного изделия.....	9
<b>Клиентский модуль</b> .....	9
<b>Серверный модуль</b> .....	10
<b>Подключаемый модуль</b> .....	10
<b>Модуль взаимодействия с базой данных</b> .....	10
<b>База данных</b> .....	10
1.2.2. Разработка структуры базы данных.....	11
1.2.3. Разработка интерфейса взаимодействия пользователя с системой.....	16
<b>Разработка графа диалога</b> .....	16
<b>Форма авторизации</b> .....	17
<b>Форма поиска пользователей</b> .....	24
<b>Форма создания пользователя</b> .....	24
<b>Форма отображения моделей, созданных пользователем</b> .....	25
<b>Форма просмотра результатов моделирования</b> .....	26
2. Научно-исследовательская часть.....	27
2.1. Выбор и обоснование критериев качества.....	27
2.2. Изучение аналогов.....	29
2.2.1. General Purpose Simulation System World (GPSS World).....	30
2.2.2. Arena.....	30
2.2.3. Simio.....	31
2.2.4. ИОС МП.....	32

2.3.	Сравнение аналогов.....	32
3.	Экономическая часть.....	34
3.1.	Смета затрат на создание программного изделия.....	34
3.2.	Расчет и обоснование сметы затрат на создание программного изделия.....	35
3.2.1.	Расчет затрат на материалы.....	35
3.2.2.	Расчет затрат на оборудование.....	35
3.2.3.	Расчет затрат на услуги сторонних организаций.....	36
3.2.4.	Расчет затрат на заработную плату.....	36
3.2.5.	Расчет затрат на дополнительную заработную плату.....	37
3.2.6.	Расчет отчислений на социальные нужды.....	37
3.2.7.	Расчет расходов на налоги.....	38
3.2.8.	Расчет накладных расходов.....	38
3.2.9.	Расчет себестоимости программного изделия.....	38
3.2.10.	Расчет прибыли от реализации программного изделия.....	39
3.2.11.	Расчет цена реализации программного изделия.....	39
3.2.12.	Расчет договорной цены реализации программного изделия.....	39
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	40
	СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	41
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	42
	<b>Техническое задание на выпускную квалификационную работу бакалавра.</b>	<b>42</b>
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	76
	<b>Программа и методика испытаний выпускной квалификационной работы бакалавра.....</b>	<b>76</b>
	ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	77
	<b>Листинг программы.....</b>	<b>77</b>

•

# **СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ**

ИОС МП – Интерактивная обучающая система по модулированию процессов;

ПОСП – Псевдоязык описания сцепленных процессов;

# ВВЕДЕНИЕ

Квалификационная работа "Интерактивная обучающая система по моделированию процессов («ИОС МП»)" посвящена разработке системы, предназначенной для дистанционного обучения основам описания взаимодействия параллельных процессов, создания простейших имитационных моделей и наблюдения за процессом моделирования.

Реализованная система позволяет для созданных имитационных моделей, использующих концепции и синтаксис псевдоязыка описания сцепленных процессов (ПОСП), выполнять трансляцию и выполнение процесса моделирования с помощью подключаемого модуля. Система является предоставляет интерактивный интерфейс для наблюдения за ходом моделирования. Результаты работы каждого пользователя сохраняются в системе и доступны для последующего просмотра преподавателем.

Целью дипломного проекта является проектирование и реализация программного продукта.

# **1. Конструкторско-технологическая часть**

## **1.1. Общетеchnическое обоснование разработки**

### **1.1.1. Постановка задачи проектирования**

Текстовое описание системы является одним из методов представления реальной системы в виде имитационной модели. Изначально ПОСП – язык не имеющий строгой формализации, однако позволяющий довольно точно и однозначно описывать функционирование реальных систем. Кроме того, ПОСП позволяет интуитивно-понятно отражать как треки рассматриваемых процессов, так и общую структуру системы.

Основной задачей проектирования данной системы является комбинирование модуля, способного транслировать модели, написанные на ПОСП, с формальными языками программирования и создание на этой основе системы имитационного моделирования, предназначенной для дистанционного обучения основам имитационного моделирования, а также для изучения уже готовых систем.

### **1.1.2. Описание предметной области**

Моделирование — метод решения задач, при использовании которого исследуемая система заменяется более простым объектом, описывающим реальную систему и называемым моделью.

Моделирование применяется в случаях, когда проведение экспериментов над реальной системой невозможно или нецелесообразно: например, по причине хрупкости или дороговизны создания прототипа либо из-за длительности проведения эксперимента в реальном масштабе времени. Имитационная модель описывает структуру и воспроизводит поведение реальной системы во времени и позволяет получать подробную статистику о различных аспектах функционирования системы.

### **1.1.3. Перечень задач, подлежащих решению**

Для решения поставленной проектной задачи необходимо, чтобы ИОС МП выполняла следующие функции:

- Создание учетных записей пользователей
- Предоставление доступа к различной функциональности в зависимости от типа учетной записи
- Ввод текста имитационной модели;
- Трансляция имитационной модели и выполнение процесса моделирования с помощью подключаемого модуля;
- Интерактивное отображение результатов моделирования;
- Изменение параметров отображения результата работы модели;
- Просмотр результатов работы с моделями выбранного пользователя

## 1.2. Разработка программного изделия.

### 1.2.1. Разработка структуры программного изделия.

ИОС МП состоит из множества модулей, взаимодействующих между собой и имеющих строго определенную задачу. Модули ИОС МП:

- Клиентский модуль;
- Серверный модуль;
- Подключаемый модуль;
- Модуль взаимодействия с базой данных;

Структурная схема системы представлена на рисунке 1.

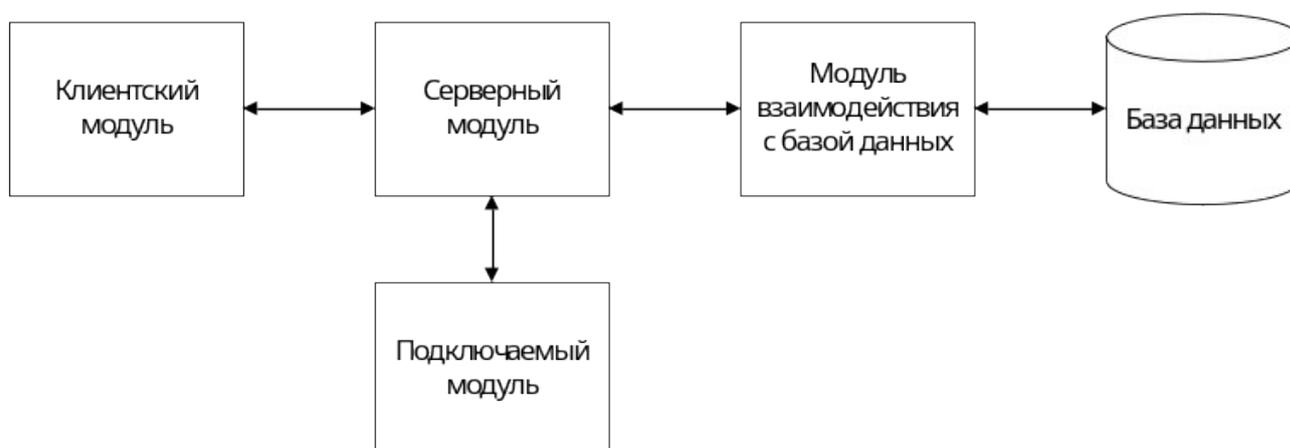


Рисунок 1 – Структурная схема системы.

#### Клиентский модуль

Данный модуль обеспечивает выполнение следующих функций:

- Работа с интерфейсом пользователя
- Отправка http запросов на серверный модуль
- Обработка полученного ответа на запрос от серверного модуля

Функция «Работа с интерфейсом пользователя» позволяет в ответ на действия пользователя выполнять определенную совокупность действий с интерфейсом.

Функция «Отправка http запросов на серверный модуль» позволяет отправлять запросы на сервер для осуществления определенных действий с

моделью, получения результатов моделирования, а также работы с учетными записями пользователей.

Функция «Обработка полученного ответа на запрос от серверного модуля» позволяет обрабатывать ответы сервера, такие как результаты моделирования и данные учетных записей.

### **Серверный модуль**

Модуль осуществляет взаимодействие между «Клиентским модулем», «Модулем взаимодействия с базой данных» и «Подключаемым модулем». Обеспечивает авторизацию и доступ пользователя к функциональности в соответствии с типом учетной записи. Данный модуль передает «Подключаемому модулю» текстовое описание модели, а также действия, которые необходимо провести с данной моделью, в ответ получает результаты моделирования, которые отображаются пользователю и отправляются в «Модуль взаимодействия с базой данных» для сохранения. «Модулю взаимодействия с базой данных» в свою очередь передает все результаты моделирования, получаемые пользователем, а также данные учетных записей

### **Подключаемый модуль**

Данный модуль выполняет трансляцию имитационной модели, выполнение процесса моделирования и последующую передачу полученных результатов в «Серверный модуль».

### **Модуль взаимодействия с базой данных**

Данный модуль выполняет запросы к базе данных для получения требуемой информации по запросам от «Серверного модуля» и возвращения ему результата.

### **База данных**

Предназначена для хранения данных по учетным записям пользователей и результатов моделирования пользователей.

## **1.2.2. Разработка структуры базы данных.**

При проектировании базы данных решаются две основные проблемы:

- проблема логического проектирования баз данных: каким образом отобразить объекты предметной области в абстрактные объекты модели данных, чтобы это отображение не противоречило семантике предметной области и было по возможности эффективным и удобным;
- проблема физического проектирования баз данных: как обеспечить эффективность выполнения запросов к базе данных, т.е. каким образом, имея в виду особенности конкретной СУБД, расположить данные во внешней памяти, создание каких дополнительных структур (например, индексов) потребовать и так далее.

В процессе создания базы данных можно выделить следующие этапы:

- исследование предметной области;
- формализация данных в предметной области. Построение реляционной модели данных (логическое проектирование);
- выбор СУБД, определение соответствующих типов данных;
- перевод инфологической модели БД в даталогическую (физическое проектирование).

В общем случае, для того чтобы формализовать данные и представить их в удобном, для перенесения в базу данных (БД), виде, необходимо исследовать предметную область и разобрать, из каких частей и объектов она состоит и какими параметрами характеризуются ее составные части.

### **1.2.2.1. Определение основных сущностей предметной области**

#### **1.2.2.1.1. Роль**

Сущность «Роль» дает возможность предоставлять пользователям различный функционал в зависимости от выбранного типа

Атрибуты данной сущности:

- Имя – название роли

Данная сущность имеет связь 1:М с сущностью Пользователь. В качестве ключевого атрибута у каждой сущности задается дополнительное поле ID.

#### **1.2.2.1.2. Пользователь**

Сущность пользователь является одной из основных. Она описывает конкретного пользователя системы. Атрибуты данной сущности:

- Имя – имя пользователя
- Фамилия – фамилия пользователя
- Отчество – отчество пользователя
- Логин – логин пользователя для авторизации
- Пароль – пароль пользователя для авторизации
- Дата создания – дата создания учетной записи
- Тип учетной записи – (пользователь, администратор)
- Полное имя – конкатенация имени, фамилии и отчества пользователя

Данная сущность имеет связь М:1 с сущностью Роль. И связь типа 1:М с сущностью Модель.

#### **1.2.2.1.3. Модель**

Данная сущность представляет собой конкретную модуль, загруженную пользователем в систему. Атрибуты данной сущности:

- Название – формируется как название файла без указания расширения
- Текстовое описание – содержимое текстового файла с описанием модели
- Дата создания - дата загрузки модели в систему

Сущность имеет связь М:1 с сущностью Пользователь. И связь типа 1:М с сущностью Результат.

#### **1.2.2.1.4. Результат**

Данная модель представляет собой результат выполнения определенного действия с моделью. Атрибуты данной сущности:

- Дата создания – дата получения результата
- Порядковый номер – номер по порядку отдельный для каждой модели
- Статус – техническое сообщение, полученное от подключаемого модуля
- Таблица условий - сериализованная таблица условий в JSON
- Таблица будущих времен - сериализованная таблица будущих времен в JSON
- Таблица инициаторов - сериализованная таблица инициаторов в JSON
- Таблица очередей - сериализованная таблица очередей в JSON
- Таблица объектов - сериализованная таблица объектов в JSON

Сущность имеет связь M:1 с сущностью Модель.

#### **1.2.2.2. Инфологическая модель предметной области**

Инфологическая модель предметной области изображена на рисунке 2 и приведена в приложении 1.



Рисунок 2 – Инфологическая модель предметной области

### 1.2.2.3. Даталогическая модель БД

Ниже приведены таблицы даталогической модели базы данных

Таблица 1 – Roles (таблица Роль)

Название	Тип	Длина	Описание
ID	uniqueidentifier		ID роли
Name	Nvarchar	100	Название

Таблица 2 – Users (таблица Пользователь)

Название	Тип	Длина	Описание
ID	uniqueidentifier		ID пользователя
RoleID	uniqueidentifier		ID роли
FirstName	Nvarchar	100	Имя
LastName	Nvarchar	100	Фамилия
MiddleName	Nvarchar	100	Отчество
Login	Nvarchar	100	Логин
Password	Nvarchar	100	Пароль
CreationDate	datetime		Дата создания
FullName	Nvarchar	100	Полное имя

Таблица 3 – Models (таблица Модель)

Название	Тип	Длина	Описание
ID	uniqueidentifier		ID модели
UserID	uniqueidentifier		ID пользователя
Data	Nvarchar	max	Текстовое описание
CreationDate	datetime		Дата создания
Name	Nvarchar	100	Название

Таблица 4 – Results (таблица Результат)

Название	Тип	Длина	Описание
ID	uniqueidentifier		ID результата
ModelID	uniqueidentifier		ID модели
CreationDate	datetime		Дата создания
Status	Nvarchar	500	Статус
OrderNumber	int		Порядковый номер
Conditions	Nvarchar	max	Таблица условий
Futures	Nvarchar	max	Таблица будущих времен
Initiators	Nvarchar	max	Таблица инициаторов
Queues	Nvarchar	max	Таблица очередей
Objects	Nvarchar	max	Таблица объектов

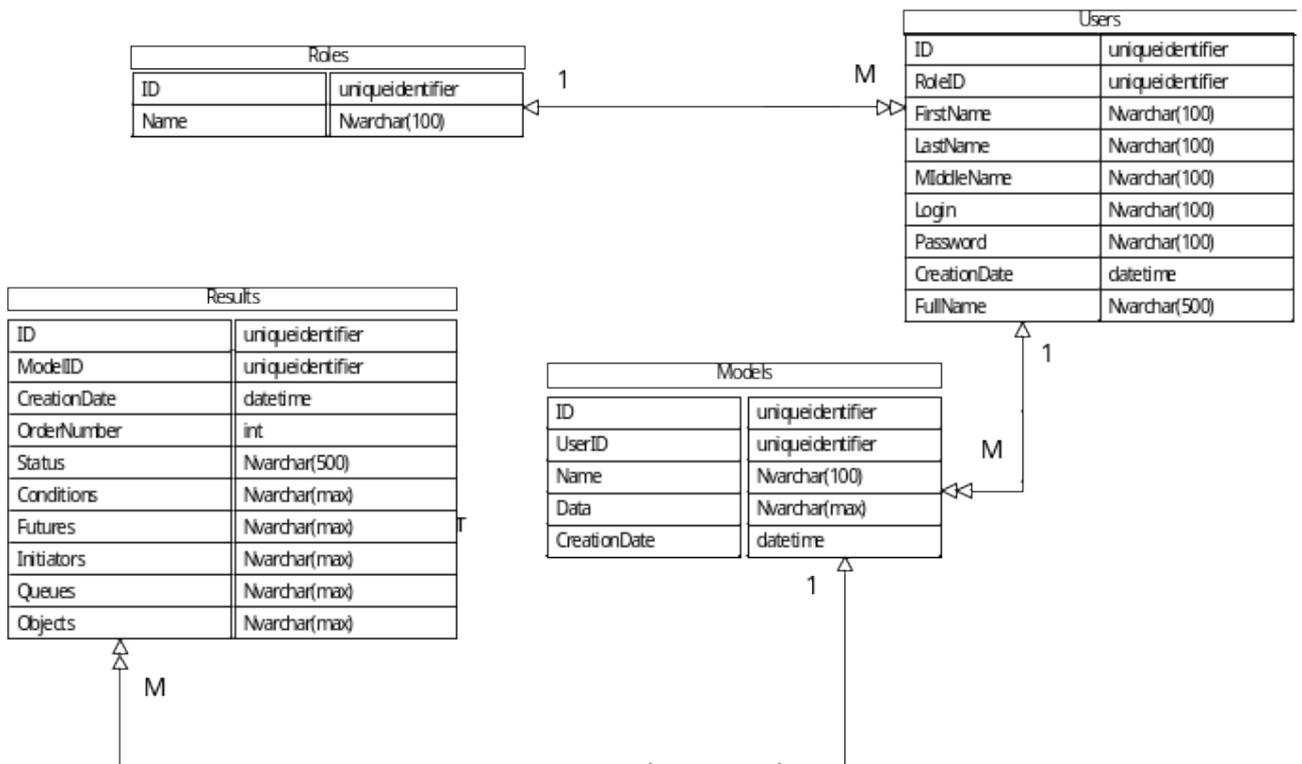


Рисунок 3 – Дatalogическая модель базы данных.

### 1.2.3. Разработка интерфейса взаимодействия пользователя с системой.

#### Разработка графа диалога.

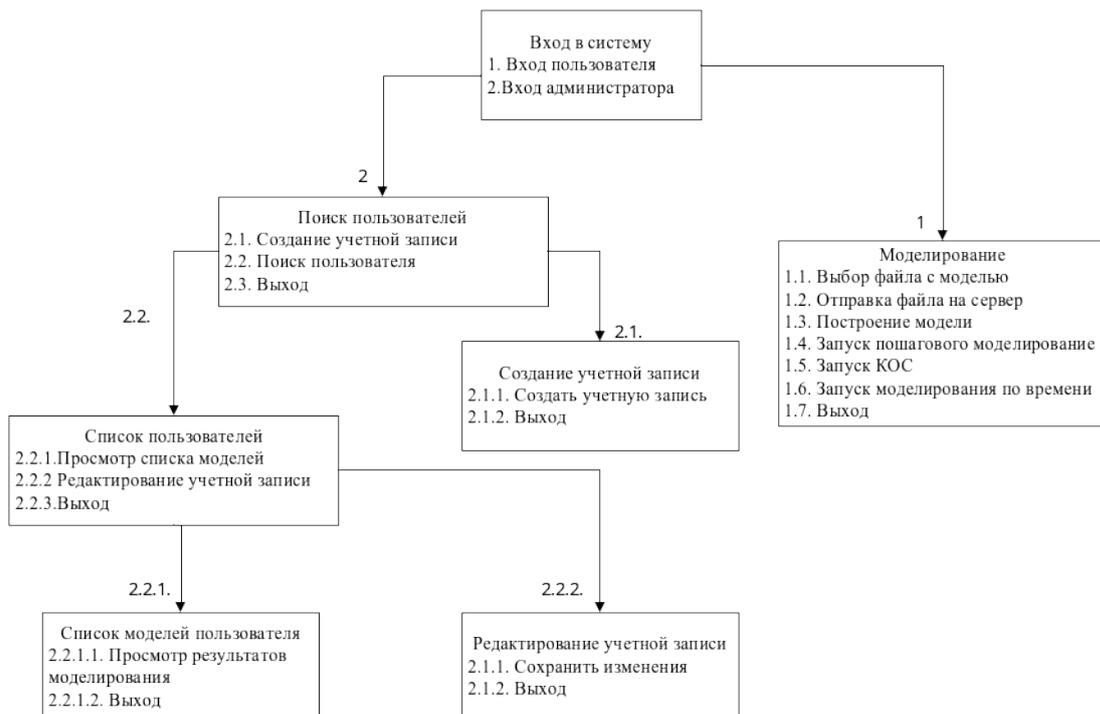


Рисунок 4 – Граф диалога.

### **Форма авторизации.**

Интерактивная обучающая система по моделированию процессов строится по архитектуре «клиент-сервер». Клиентская часть разработана на языке разметки HTML с использованием CSS и языке программирования JavaScript. Серверная часть разработана языке программирования C#. Интерфейс системы представлен в виде веб-страниц, включающих множество полей и кнопок.

Окно формы авторизации представляет собой область с полями для ввода логина и пароля пользователя и кнопки для запуска самого процесса авторизации.

Вид окна формы авторизации, отображаемой при запуске системы представлен на рисунке 7.

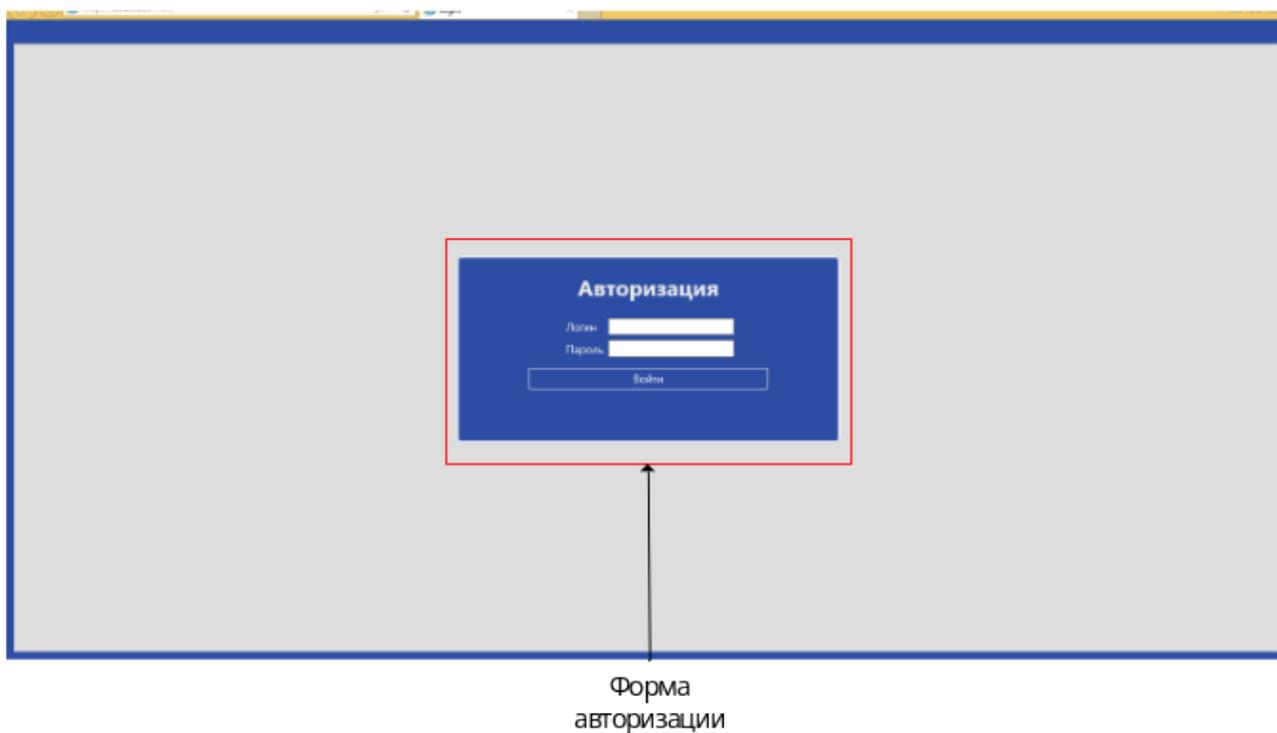


Рисунок 7 – Окно формы авторизации.

## Форма моделирования.

Окно формы моделирования условно можно разделить на три области: панель действий, область отображения исходного текста, область отображения результатов моделирования и текущего состояния модели. Вид окна формы моделирования представлен на рисунке 8.

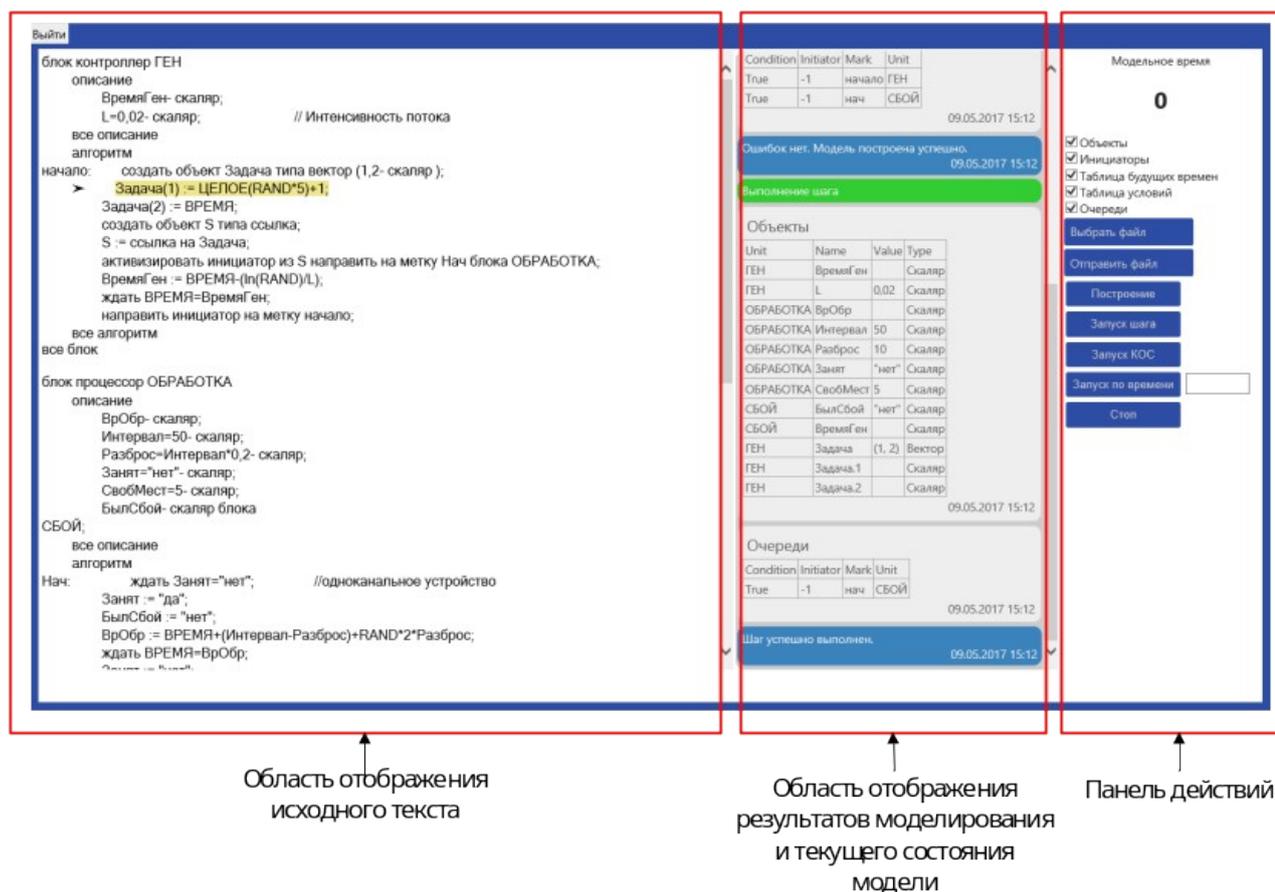


Рисунок 8 – Окно формы моделирования.

## Панель действий.

Панель действий расположена в правой стороне формы моделирования. Панель состоит из кнопок, которые позволяют пользователю работать с основными функциями подключаемого модуля для моделирования и списка флажков для выбора желаемого перечня получаемых результатов.

Вкладка "Окна" предназначена для взаимодействия с областью выводов результатов моделирования. Там, все интересующие пользователя данные

выводятся в соответствующих окнах. Вкладка позволяет показывать и скрывать каждое из этих окон и устанавливать их порядок.

Список опций, где каждый пункт может быть включен или отключен пользователем в интерактивном режиме, позволяет пользователю выбирать желаемые для получения результаты моделирования. Все пункты включаются автоматически при открытии страницы.

Список содержит следующие пункты:

- Объекты;
- Инициаторы;
- Таблица будущих времен;
- Таблица условий;
- Очереди.

В верхней части области всегда выводится значение времени, в момент которого была остановлена модель.

Панель состоит из следующих кнопок:

#### Выбрать файл

Нажатие на кнопку вызывает диалоговое окно для выбора файла. Пользователю предоставляется возможность выбрать необходимый файл с текстовым описанием модели. Вид окна для выбора файла изображен на рисунке 9.

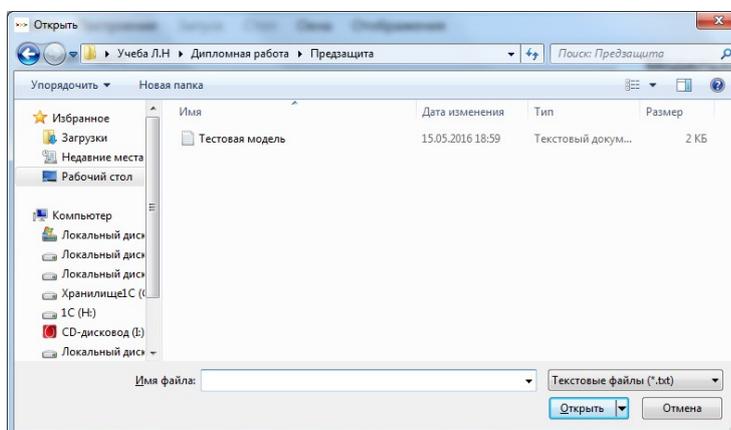


Рисунок 9 – Диалоговое окно выбора файла.

Система использует текстовые файлы (с расширением "\*.txt").

После подтверждения выбора файла с текстовым описанием модели окно закрывается. Далее для загрузки описания модели в моделирующую систему необходимо нажать кнопку «Отправить файл». После успешной загрузки файла отобразится соответствующее сообщение в «Области отображения результатов моделирования и текущего состояния модели»

### Построение.

Нажатие на кнопку "Построение" запускает алгоритм, осуществляющий подготовку введенной модели к запуску. Функции структурирования исходного текста, трансляции и отображения первичных результатов вызываются этой командой.

Построение может быть не выполнено в случае нахождения ошибок во время синтаксического разбора текста. В том случае пользователь получит оповещение о причине возникшей ошибки.

В случае удачного построения отображаются кнопки для запуска и остановки моделирования. Пользователю выводится сообщение о том, что модель готова к запуску.

### Запуск шага.

Кнопка запускает режим пошагового моделирования с соответствующим прерыванием после каждого оператора и выводом результатов.

### Запуск КОС.

Нажатие на данную кнопку вызывает моделирование поведения исследуемой системы до следующего перехода на ключевой момент времени и вывод результатов.

### Запуск по времени.

В рядом находящиеся поле необходимо ввести конечное значение времени, после которого необходимо приостановить модель. Затем после

нажатия на данную кнопку выполняется запуск моделирования до требуемого модельного времени.

#### **Область отображения исходного текста.**

Данная область участвует в отображении хода моделирования. Исходный текст перестраивается и расцвечивается согласно структуре, полученной при трансляции. Текст превращается в процессный трек, отображающий в динамическом интерактивном режиме позиции инициаторов.

#### **Область отображения результатов моделирования и текущего состояния модели.**

В этой области выводятся служебная информация и таблицы с данными, описывающими текущее состояние модели.

Виды таблиц:

##### Объекты.

Содержит информацию обо всех переменных модели. Для каждой записи указано имя переменной, её тип и значение, а также имя блока, к которому она принадлежит.

Пример таблицы представлен на рисунке 10.

Объекты			
Unit	Name	Value	Type
ГЕН	ВремяГен	13,2149	Скаляр
ГЕН	L	0,02	Скаляр
ОБРАБОТКА	ВрОбр	47,26	Скаляр
ОБРАБОТКА	Интервал	50	Скаляр
ОБРАБОТКА	Разброс	10	Скаляр
ОБРАБОТКА	Занят	"да"	Скаляр
ОБРАБОТКА	СвобМест	5	Скаляр
СБОЙ	БылСбой	"нет"	Скаляр
СБОЙ	ВремяГен	290,85	Скаляр
ГЕН	Задача	(1, 2)	Вектор
ГЕН	Задача.1	3	Скаляр
ГЕН	Задача.2	0	Скаляр
ГЕН	S	0	Ссылка

09.05.2017 16:38

Рисунок 10 – Таблица "Объекты".

#### Инициаторы.

Обеспечивает интерфейс для наблюдения за динамическими объектами.

Пример таблицы представлен на рисунке 11.

Инициаторы		
ID	Value	Type
0 ->	(3; 0)	Вектор
0 -> Задача.1	3	Скаляр
0 -> Задача.2	0	Скаляр

09.05.2017 16:38

Рисунок 11 – Таблица "Инициаторы"

#### Таблица будущих времен и Таблица условий.

Для более подробного изучения состояния модели и процесса моделирования, пользователю предоставлена возможность наблюдения за системными таблицами будущих времен (ТБВ) и таблицами условий (ТУ).

Пример ТБВ и ТУ представлен на рисунках 12 и 13 соответственно.

Таблица будущих времен

Time	Initiator	Mark	Unit
290,85	-1	\$3_1	СБОЙ
100,3599	1	\$2_2	ОБРАБОТКА
295,11	0	\$2_4	ОБРАБОТКА
99,4098	-1	\$1_1	ГЕН

09.05.2017 16:46

Рисунок 12 – Таблица "ТБВ".

Таблица условий

Condition	Initiator	Mark	Unit
Занят="нет"	1	\$2_1	ОБРАБОТКА

09.05.2017 16:42

Рисунок 13 – Таблица "ТУ".

### Очереди.

Таблица очередей – ещё один инструмент интерактивного поиска и анализа инициаторов. Каждая строка в которой дает информацию о месте скопления инициаторов на текущий момент времени. В записях таблицы указаны блок и метка, определяющие место в очереди модели, и список инициаторов в порядке их регистрации в очереди.

Пример таблицы представлен на рисунке 14.

Очереди

ID	Unit	Mark	Initiators
3	ОБРАБОТКА	\$2_1	2
3			2 -> (3; 81,4799)
4	ОБРАБОТКА	\$2_2	1
4			1 -> (2; 13,2149)
7	ОБРАБОТКА	\$2_4	0
7			0 -> (3; 0)

09.05.2017 16:46

Рисунок 14 – Таблица "Очереди".

### **Форма поиска пользователей.**

Окно данной формы состоит из области для поиска пользователей и кнопки, позволяющей перейти в форму для создания учетной записи пользователей. Для поиска пользователя необходимо ввести его логин либо ФИО в соответствующее поле и нажать кнопку «Поиск». После выполнения поиска отобразится таблица с найденными пользователями. Каждому найденному пользователю будет соответствовать кнопка для редактирования его учетной записи и перехода к списку моделей, созданных этим пользователем. При нажатии на кнопку «Редактировать профиль» и «Создать пользователя» открывается форма для создания пользователя, различие состоит только в том, что при запуске в режиме редактирования поля формы заполняются системой данными учетной записи выбранного пользователя.

Вид окна формы поиска пользователей представлен на рисунке 15.

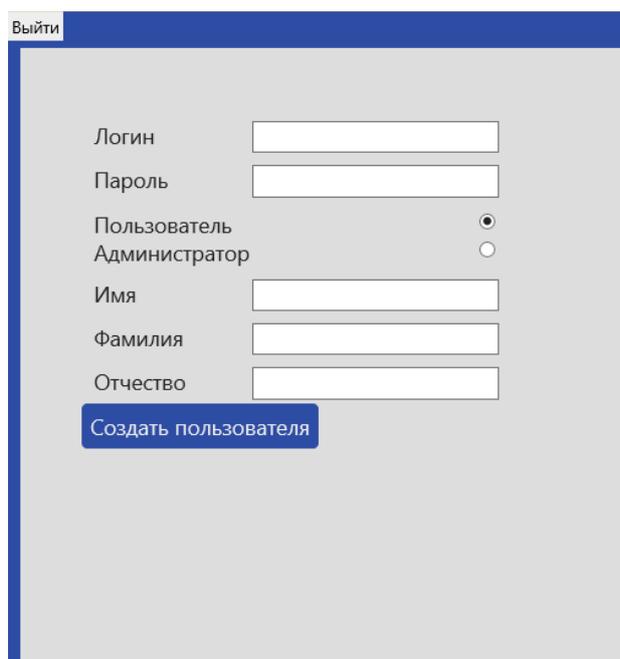
ФИО	Тип учетной записи	
admin admin	Администратор	<a href="#">Редактировать профиль</a> <a href="#">История действий</a>

Рисунок 15 – Форма поиска пользователей.

### **Форма создания пользователя.**

Окно данной формы содержит в себе поля необходимые для создания учетной записи пользователя и кнопку для запуска операции по созданию пользователя.

Вид окна формы создания пользователя представлен на рисунке 16.



Выйти

Логин

Пароль

Пользователь

Администратор

Имя

Фамилия

Отчество

Создать пользователя

Рисунок 16 – Форма создания пользователя.

#### **Форма отображения моделей, созданных пользователем.**

Окно данной формы содержит в себе таблицу, в которой каждой строке соответствует одна модель. В каждой строке содержится название модели, дата ее создания и кнопка, с помощью которой осуществляется переход к форме просмотра результатов моделирования.

Вид окна формы отображения моделей, созданных пользователем, представлен на рисунке 17.

Выйти

Название модели	Дата создания	
Тестовая модель	09.05.2017 15:12	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:56	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:54	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:45	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:43	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:42	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:39	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:35	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:32	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:31	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	09.05.2017 10:27	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	03.05.2017 18:59	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	28.04.2017 15:36	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	26.04.2017 23:04	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	26.04.2017 23:03	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	26.04.2017 23:01	<a href="#">Просмотреть</a>
Тестовая модель	26.04.2017 23:00	<a href="#">Просмотреть</a>

Рисунок 17 – Форма создания пользователя.

### **Форма просмотра результатов моделирования.**

Форму условно можно разделить на две области: область отображения текста модели, область отображения результатов моделирования и текущего состояния модели. В области отображения текста модели отображения текст модели, который был получен системой от пользователя при создании модели. В области отображения результатов моделирования и текущего состояния модели отображаются результаты всех действий, которые пользователь произвел с моделью.

Вид окна формы отображения моделей, созданных пользователем, представлен на рисунке 18.

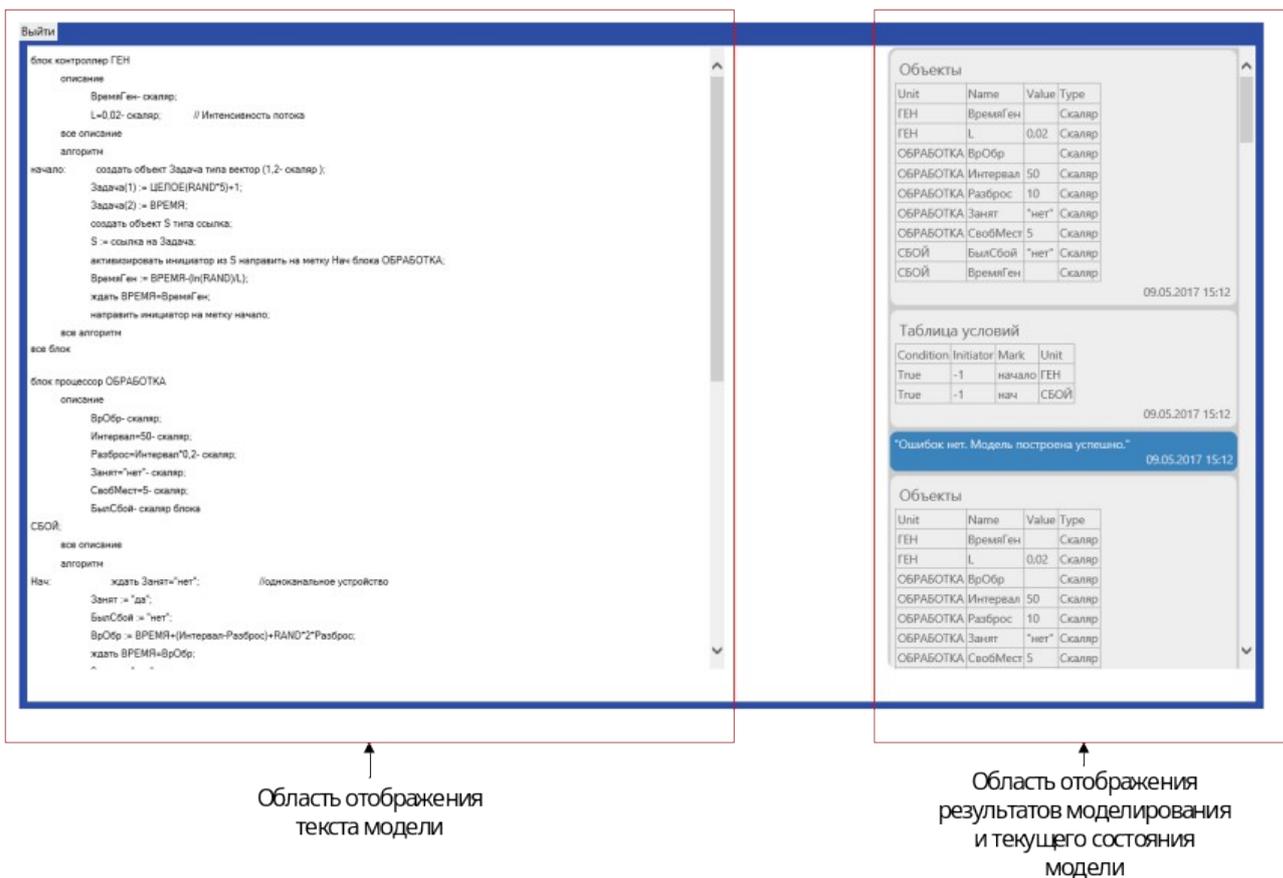


Рисунок 18 – Форма просмотра результатов моделирования.

## 2. Научно-исследовательская часть

### 2.1. Выбор и обоснование критериев качества

Для проектируемой системы следующие критерии являются приоритетными:

- Удобство ввода и редактирования текстового описания модели;
- Наблюдение за процессом моделирования;
- Пошаговое выполнение модели;
- Графическое представление хода моделирования;
- Полнота сбора статистики;
- Удобство интерфейса.

Удобство ввода и редактирования текстового описания модели. Данный критерий определяет простоту и скорость безошибочного редактирования представленной в текстовом формате модели. Включает в себя качество структурирования текста, выделения операторов, используемого языка, а также поиска синтаксических ошибок.

Наблюдение за ходом моделирования. Данный критерий определяет возможности для отслеживания изменения состояния модели. Этот критерий может включать в себя наглядность визуализации результатов и прочие инструменты отображения данных о текущем состоянии модели.

Пошаговое выполнение модели. Данный критерий представляет собой оценку удобства пошагового моделирования и возможность наблюдения каждого модельного события. Этот критерий может включать разнообразие пошаговых и других режимов выполнения модели.

Графическое представление модели и хода моделирования. Данный критерий представляет собой оценку наглядности отображения состояния моделируемой системы.

Полнота сбора статистики. Данный критерий представляет собой оценку возможностей сбора статистических данных результата моделирования. Этот критерий может включать в себя оценку визуализации результатов, количества исследуемых параметров и прочие инструменты.

Удобство интерфейса. Данный критерий представляет собой оценку взаимодействия пользователя с программным продуктом. Этот критерий может включать в себя лаконичность и простоту расположения элементов управления, наличие подсказок и автоматических исправлений.

ИОС МП создается для дистанционного обучения основам имитационного моделирования. Для данной задачи требуется наиболее подробного отображения хода моделирования и отображение состояния модели в каждом из возможных состояний. Исходя из выше сказанного, наиболее значимым критерием из предложенных является критерий "Наблюдение за ходом моделирования".

Так как модель представляет собой текстовое описание, то важным критерием также является "Удобство ввода и редактирования текстового писания модели". Исходя из того, что целевой аудиторией являются обучающиеся, то немаловажным будет являться критерий "Удобство интерфейса".

Оставшиеся критерии также являются значимыми, но при оценке разрабатываемой системы имеют наименьший приоритет.

Исходя из вышесказанного, критериям качества присваиваются следующие весовые коэффициенты:

- $\alpha_1=0,2$  – Удобство ввода и редактирования текстового описания модели;
- $\alpha_2=0,3$ – Наблюдение за ходом моделирования;
- $\alpha_3=0,1$  – Пошаговое выполнение модели;
- $\alpha_4=0,1$  – Графическое представление хода моделирования;
- $\alpha_5=0,1$  – Полнота сбора статистики;
- $\alpha_6=0,2$  – Удобство интерфейса.

Выполнено следующее условие:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 0,2 + 0,3 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,2 = 1$$

## 2.2. Изучение аналогов

Для решения поставленных задач могли бы быть использованы следующие системы имитационного моделирования:

- Simio;
- Arena;
- General Purpose Simulation System World (GPSS World);

### **2.2.1. General Purpose Simulation System World (GPSS World)**

GPSS — язык моделирования, используемый для имитационного моделирования различных систем, в основном систем массового обслуживания и разного рода автоматизированных систем произвольной структуры и сложности. Широко используется для решения практических задач. Динамическим элементом модели является транзакт — абстрактный объект, который перемещается между статическими элементами, воспроизводя различные события реального моделируемого объекта. В процессе работы модели накапливается статистика, автоматически выводимая по завершении процесса моделирования. Статические элементы модели: источники транзактов, устройства, очереди и другие. Их расположение в модели определяется блоками.

Преимущества GPSS:

Имеет большой набор компонент, позволяющих разрабатывать системы массового обслуживания любой сложности. Также система GPSS World дает огромные возможности для сбора статистических данных о моделируемой системе.

Недостатки GPSS:

Язык GPSS имеет сложный синтаксис, а само моделирование осложняется множеством особенностей. Сама модель ограничивается только текстовым представлением и не имеет графической интерпретации, что снижает наглядность моделирования.

### **2.2.2. Arena**

Arena - система имитационного моделирования. позволяет создавать подвижные компьютерные модели, используя которые можно адекватно представить очень многие реальные системы.

Преимущества Arena:

Arena в целом исключительно проста в использовании и предоставляет наглядное представление логики модели. Arena снабжена удобным объектно-ориентированным интерфейсом и обладает удивительными возможностями по адаптации ко всевозможным предметным областям. Имеется возможность выполнять пошаговое моделирование, а также вывод результатов моделирования в различных форматах.

Недостатки Arena:

В Arena отсутствует текстовое представление модели. Данный недостаток вызывает проблемы при построении более сложных систем. При всем обилии возможностей визуализации данных моделирования, Arena не подходит для исследования более сложных систем в связи с отсутствием необходимых возможностей.

### **2.2.3. Simio**

Данная среда разработки предназначена для создания графических имитационных моделей. В Simio моделирование представляет собой разработку макета имитируемой системы. Процесс наблюдения за моделированием выполняется с помощью проведения экспериментов над моделью и наблюдения за изменением значений необходимых переменных.

Преимущества Simio:

Simio предоставляет пользователю огромные возможности для визуализации моделируемой системы. Построенные в Simio модели могут иметь трехмерное представление. Simio идеально подходит для презентаций рассматриваемой системы и создания макетов, так как позволяет моделировать некоторые физические свойства.

Недостатки Simio:

В Simio отсутствует текстовое описание модели, что очень сильно осложняет разработку сложных систем и ограничивает возможности получения статистических данных.

#### **2.2.4. ИОС МП**

ИОС МП – интерактивная обучающая система, предназначенная для дистанционного обучения основам описания взаимодействия параллельных процессов, создания простейших имитационных моделей и наблюдения за процессом моделирования. В данной системе модели создаются в текстовом формате. В качестве функционального языка моделирования используется ПОСП.

Преимущества:

Используемое текстовое описание позволяет описывать модели достаточно подробно. В процессе моделирования отображаются не только интересующие параметры, но также и движение инициаторов по самой модели. Предусмотрено несколько режимов запуска выполнения модели, что гораздо повышает удобство наблюдения за процессом моделирования.

Недостатки:

Основным недостатком системы является отсутствие возможности генерировать графические модели, которые в свою очередь значительно повышают наглядность процесса моделирования.

### **2.3. Сравнение аналогов**

Была выполнена оценка каждого параметра по выбранным критериям качества. Выставление оценок по каждому критерию производилось в соответствии с таблицей 17.

Таблица 17 – Перевод качественных критериев в количественные

Оценка	Качественная оценка	Удобство ввода и редактирования текста модели	Наблюдение за ходом моделирования (динамическими объектами и параметрами модели)	Пошаговое выполнение модели	Графическое представление модели и хода моделирования	Полнота сбора статистики	Удобство интерфейса
5	Отлично	Очень удобно	Удобно наблюдать одновременно за большим числом объектов и параметров	Удобное использование пошагового режима	Наглядно для презентации	Наличие встроенной и ручной статистики. Возможность выбора статистических данных	Очень удобно
4	Хорошо	Удобно	Возможно наблюдать одновременно за большим числом объектов и параметров	-	Наглядно для специалиста предметной области	Наличие встроенной и ручной статистики.	Удобно
3	Удовлетворительно	Ограничено	Удобно наблюдать одновременно за малым числом объектов и параметров	Возможность отладки в пошаговом режиме существует, но неудобна	Наглядно для программиста	Наличие ручной статистики.	Ограничено
2	Плохо	Неудобно	Возможность наблюдения существует, но неудобна	-	Неудобно	Возможность сбора статистики существует, но неудобна	Неудобно
1	Очень плохо	Невозможно	Невозможно	Нет пошаговых режимов	Отсутствует	Нет возможности сбора статистики	Отсутствие графического интерфейса

Сравнение аналогов проводилось по методам Борда и выбора максимума взвешенной суммы. Вычисления по методу Борда представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнение аналогов по методу Борда

	GPSS World	Arena	Simio	ИОС МП
K1	1	4	3	2
K2	4	2	3	1
K3	3,5	1,5	3,5	1,5
K4	4	2	1	4
K5	1	2,5	2,5	4
K6	3,5	3,5	1	2

Сравнение аналогов проводилось по методам Борда и. Вычисления по методу выбора максимума взвешенной суммы и результаты сравнения аналогов представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительный анализ аналогов системы

Критерий сравнения	Весовой коэффициент	GPSS World (B1)		Arena (B2)		Simio (B3)		ИОС МП (B4)	
		Оценка	Нормированное значение	Оценка	Нормированное значение	Оценка	Нормированное значение	Оценка	Нормированное значение
Удобство ввода и редактирования текста модели	0,2	5	1	1	0,2	2	0,4	4	0,8
Наблюдение за ходом моделирования (динамическими объектами и параметрами модели)	0,3	1	0,2	4	0,8	3	0,6	5	1
Пошаговое выполнение модели	0,1	3	0,6	5	1	3	0,6	5	1
Графическое представление модели и хода моделирования	0,1	1	0,2	4	0,8	5	1	1	0,2
Полнота сбора статистики	0,1	5	1	4	0,8	4	0,8	1	0,2
Удобство интерфейса	0,2	3	0,6	3	0,6	5	1	4	0,8
Сравнение по методу взвешенных сумм	$Y_i = \max_j \left( \sum_{k=1}^n a_{kj} R_{ij} \right)$	0,56		0,66		0,7		0,8 *	
Сравнение по методу Борда	$R_i = \min_j \left( \sum_{k=1}^n r_{kj} \right)$	17		15,5		14		13,5 *	

Итоги ранжирования по методу взвешенных сумм:  
**B4 > B3 > B2 > B1**

Итоги ранжирования по методу Борда:  
**B4 > B3 > B2 > B1**

По итогам сравнения следует сделать вывод, что ИОС МП является лучшей среди своих аналогов в соответствии с выбранными критериям качества. Таким образом, ИОС МП полностью оправдывает цели ее разработки.

### 3. Экономическая часть

#### 3.1. Смета затрат на создание программного изделия.

Все экономические затраты на разработку программного изделия учтены в смете затрат, представленной в таблице 8.

Таблица 20 – Смета затрат

№ п/п	Статья сметы затрат	Сумма статьи (руб)
1	Материалы	3 030
2	Оборудование	9 166
3	Услуги сторонних организаций	480
4	Заработная плата	162 720
5	Дополнительная заработная плата	32 544

6	Отчисления на социальные нужды	58 580
7	Налоги	0
8	Накладные расходы	27 015
9	Себестоимость	297 171
10	Прибыль	47 547
11	Цена	344 718
12	Договорная цена	406 767

## 3.2. Расчет и обоснование сметы затрат на создание программного изделия.

### 3.2.1. Расчет затрат на материалы

При разработке ИОС МП были произведены затраты на следующие материалы:

1. Бумага для принтера формата А4 (1 упаковка по 500 шт.) – 200 руб.
2. Канцелярские товары (ручки, карандаши, папка) – 300 руб.
3. Картридж для принтера Brother DCP 7057r (1 шт.) – 2500 руб.
4. Компакт-диск CD-R (1 шт.) – 30 руб.

Итоговая сумма затрат на материалы:

$$C_m = 3\,030 \text{ руб.}$$

### 3.2.2. Расчет затрат на оборудование

Суммарные затраты на приобретение или проектирование и изготовление стендов, приборов и других изделий и затраты, связанные с использованием вычислительной техники.

В данном случае будет произведен расчет амортизационных отчислений оборудования ( $C_{об}$ ) за срок, равный 10 месяцам. При этом учитываются, что для разработки программного изделия приобретена новая вычислительная техника, срок полезного использования которой равен 5 годам.

$$C_{об} = \frac{Ц_{об} * t_{об}}{12 \text{ мес} * 5 \text{ лет}}, \quad (1)$$

где  $t_{об}$ — время использования оборудования для разработки данного программного продукта в месяцах (8 мес);

$C_{об}$ — покупная цена вычислительной техники, (50 000 руб.).

Тогда

$$C_{об} = \frac{50\,000 \text{ руб.} * 8 \text{ мес}}{12 \text{ мес} * 5 \text{ лет}} = 6666 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт вычислительной техники (СРЕМ) составляют 5 % от ее стоимости и рассчитываются:

$$C_{рем} = 0,05 * 50000 = 2500 \text{ руб.}$$

Тогда затраты на оборудование с учетом его ремонта составляют:

$$C_{рем} + C_{об} = 6000 \text{ руб.} + 2250 \text{ руб.} = 9166 \text{ руб.}$$

### **3.2.3. Расчет затрат на услуги сторонних организаций**

При разработке данного программного изделия потребовались услуги сторонних организаций по изготовлению плакатов и схем формата А1. Распечатка 6 листов ватмана формата А1 в количестве 6 шт. – 80руб \* 6 = 480руб.

### **3.2.4. Расчет затрат на заработную плату.**

В соответствии с главой 23 НКРФ доходы физических лиц за вычетом некоторых льгот подлежат обязательному налогообложению (налог на доходы физических лиц) и рассчитываются по формуле:

$$C_{осн. зп} = C_{зп} * (1 + H_{дфл}) * 8 \text{ мес}, (2)$$

$C_{осн. зп}$  — основная заработная плата;

$C_{зп}$ — сумма к выплате, которая была оговорена с работником (18 000 руб.);

$H_{дфл}$ — налог на доходы с физических лиц (13%).

Таким образом,

$$C_{осн. зп} = 10\,000 \text{ руб.} * (1 + 0,13) * 8 \text{ мес} = 20340 * 8 = 162\,720 \text{ руб.}$$

### 3.2.5. Расчет затрат на дополнительную заработную плату.

Расходы на дополнительную заработанную плату учитывают все выплаты непосредственно исполнителям за время не проработанное на производстве, но предусмотренное законодательством, в том числе: оплата очередных отпусков, компенсация за неиспользованный отпуск, и др. Величина этих выплат составляет 20% от размера основной заработной платы

$$C_{\text{доп. зн}} = 162\,720 * 0,20 = 32\,544 \text{ руб.}$$

### 3.2.6. Расчет отчислений на социальные нужды.

Расчет отчислений на социальные нужды производится в соответствии с главой 24 Налогового Кодекса РФ «Единый социальный налог (взнос)» и включает отчисления, производимые в фонды социального страхования, обязательного медицинского страхования и пенсионный фонд.

Ставки единого социального налога определяются в зависимости от величины налогооблагаемой базы. Величина единого социального налога рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ECH}} = K_{\text{ECH}} * (C_{\text{осн. зн}} + C_{\text{доп. зн}}), \quad (3)$$

где  $K_{\text{ECH}}$  – коэффициент отчисления на социальные нужды.

Коэффициент отчислений на социальные нужды (без учета льгот) складывается из следующих отчислений:

1. отчисление в фонд социального страхования составляет 2,9% от заработной платы;
2. отчисление в федеральный бюджет составляет 22%
3. отчисление в фонд обязательного медицинского страхования составляет 5,1%

Отсюда:  $K_{\text{ECH}} = 30$

$$C_{\text{ECH}} = 0,3 * (162\,720 \text{ руб} + 32\,544 \text{ руб}) = 58\,580 \text{ руб.}$$

### 3.2.7. Расчет расходов на налоги.

Расчет расходов на налоги ведется с учетом налогов на имущество и налогов на транспортные средства.

Налог на имущество в данном случае не платится, поскольку все имеющееся в наличии имущество, включаемое в налогооблагаемую базу в соответствии с инструкцией «О порядке исчисления и уплаты в бюджет налога на имущество предприятий», используется на нужды образования, и, следовательно, налогом на имущество не облагается.

Налог на владельцев транспортных средств не платится, в связи с отсутствием транспортных средств.

### 3.2.8. Расчет накладных расходов.

Накладные расходы составляют 10% от суммы остальных расходов:

$$C_{nr} = (C_m + C_{об} + C_{рем} + C_{стор} + C_{осн.зн} + C_{доп.зн} + C_{ЕСН}) * 0,1; \quad (4)$$

$$C_{nr} = (6666 + 9166 + 480 + 162\,720 + 32\,544 + 58\,580) * 0,1;$$

$$C_{nr} = 270\,156 * 0,1 = 27\,015 \text{ руб.}$$

### 3.2.9. Расчет себестоимости программного изделия.

Себестоимость изделия рассчитывается как сумма по всем выше перечисленным статьям затрат и составляет:

$$S = C_m + C_{об} + C_{рем} + C_{стор} + C_{осн.зн} + C_{доп.зн} + C_{ЕСН} + C_{nr}; \quad (5)$$

$$S = 297\,171 \text{ руб.}$$

### 3.2.10. Расчет прибыли от реализации программного изделия.

Величина прибыли соответствует сумме чистой прибыли, исчисленной из определенного процента от общих затрат. На определение этого процента

влияет величина налога на прибыль, который в 2017 году составляет 20% от величины прибыли.

Расчет прибыли произведем исходя из нормы прибыли. Норма прибыли задана  $N_{np} = 20\%$ .

Тогда прибыль, с учетом налога на прибыль  $H_{np}$  рассчитывается по формуле:

$$P = S * N_{np} * (1 - H_{np}); \quad (6)$$

$$P = 297171 * 0,2 * 0,8 = 47547 \text{ руб};$$

### **3.2.11. Расчет цена реализации программного изделия.**

Значение цены формируется путем суммирования величины себестоимости и размера прибыли:

$$C = S + P = 344718 \text{ руб};$$

### **3.2.12. Расчет договорной цены реализации программного изделия.**

Значение договорной цены соответствует сумме цены продукции и налога на добавленную стоимость, который исчисляется из расчета 18% от этой цены.

$$C_{дог} = C * (1 + H_{дс}) \quad (7)$$

$$C_{дог} = 406767 \text{ руб}.$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По результатам дипломного проекта можно сделать следующие выводы:

- 1) Была изучена предметная область;
- 2) Были сформулированы требования к разрабатываемому программному изделию;
- 3) Была спроектирована структура программного изделия;

- 4) Была разработана структура базы данных;
- 5) Был разработан интерактивный интерфейс системы;
- 6) Были изучены аналогичные системы имитационного моделирования;
- 7) Был проведен сравнительный анализ аналогов системы;
- 8) Была составлена смета затрат на реализацию программного изделия;
- 9) Был разработан и написан комплект технической документации;
- 10) Была разработана графическая часть конструкторской документации в составе шести плакатов формата А1.

# СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1) Методические материалы по выполнению бакалаврской работы по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления» / Кузовлев В.И., Филиппович Ю.Н. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, каф. ИУ5, 2016 г.

2) Лекции по курсу "Описание процессов" / Чёрненький В.М.

3) C# 3.0, 4.0. Полное руководство / Шилдт Г. – Пер. с англ. – М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2011. – 1056 с.

4) C# 5.0 и платформа .NET 4.5 для профессионалов / Нейгел К., Ивсен Б., Глинн Д., Уотсон К., Скиннер М. – Пер. с англ. – М. : ООО "И.Д. Вильямс", 2014. – 1440 с.

5) MSDN Library [электронный ресурс] / Электрон. дан. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com> – Загл. с экрана.

6) Методы принятия решения в системах организационного управления : учебное пособие / Постников В.М., Чёрненький В.М.– М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014 г.

# **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**Техническое задание на выпускную квалификационную работу  
бакалавра.**

# **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**Программа и методика испытаний выпускной квалификационной  
работы бакалавра.**

# **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

**Листинг программы**