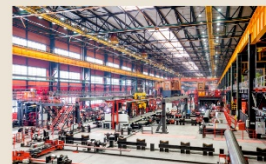




Р.Ф.МАЛИКОВ

**Практикум по
дискретно-событийному
моделированию
сложных систем
в расширенном
редакторе GPSS World**



Издательско-полиграфический комплекс
БГТУ им. М.Акумлы
Уфа, 450000, Октябрьской революции, 3А
Телефон: +7 (347) 272 64 32

Уфа - 2017

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.АКМУЛЛЫ»**

Р.Ф.МАЛИКОВ

**Практикум по дискретно-событийному
моделированию сложных систем
в расширенном редакторе GPSS World**

Уфа 2017

УДК 004.93(075.8)
ББК 32.973.26.018.2 я 73

*Печатается по решению учебно-методического совета
Башкирского государственного педагогического университета
им. М.Акумлы*

Маликов, Р.Ф. Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в расширенном редакторе GPSS World [Текст]: практикум / Р.Ф. Маликов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2017. – 273с.

В практикуме даны основные сведения по системе программирования GPSS и инструментальной среде «Расширенный редактор GPSS World». Представлена парадигма об уровнях имитационного моделирования, согласно которой даны методические рекомендации по разработке имитационных моделей и имитационных исследований (производственные процессы, транспортные сети, сферы массового обслуживания, информационные процессы в узлах компьютеров и вычислительных сетях) в расширенном редакторе GPSS World.

Предназначено для бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям подготовки 09.00.00 - «Информатика и вычислительная техника», для преподавателей, аспирантов, а также для инженеров, научных работников, специализирующихся в области имитационного моделирования производства, транспорта и других сфер систем массового обслуживания.

Рецензенты:

В.Е. Гвоздев, д-р техн. наук, зав. кафедрой технической кибернетики, проф. (УГАТУ, Уфа);

В.В. Девятков, д-р экон. наук, зав. центром математического моделирования Института перспективных исследований (АН РТ, Казань).

©Издательство БГПУ, 2017

©Р.Ф.Маликов, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. СРЕДА ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS WORLD И ЕГО РАСШИРЕНИЕ	7
1.1. Основные понятия теории систем массового обслуживания.....	7
1.2. Среда дискретно-событийного моделирования GPSS World и его возможности.....	10
1.3. Расширенный редактор GPSS World.....	22
1.3.1. Пользовательский интерфейс расширенного редактора	23
1.3.2. Пользовательский интерфейс редактора форм.....	29
ГЛАВА 2. УЧЕБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	33
2.1. Уровни имитационного моделирования.....	33
2.2. Моделирование работы автозаправочной станции.....	38
2.3. Моделирование работы производственного участка цеха	54
2.4. Моделирование работы мастерской по ремонту компьютеров.....	66
2.5. Моделирование работы парикмахерского салона	76
2.6. Моделирование системы управления запасами.....	87
2.7. Моделирование системы управления качеством.....	103
ГЛАВА 3. УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	119
3.1. Моделирование работы супермаркета.....	119
3.2. Моделирование работы швейной фабрики.....	149
3.3. Моделирование системы передачи информации	164
3.4. Задачи на учебно-исследовательское моделирование	174
3.4.1. Моделирование узла распределения информации.....	174
3.4.2. Моделирование устройства обработки информации.....	175
3.4.3. Моделирование устройства обработки и сжатия данных.....	176
3.4.4. Моделирование распределенной системы обработки и передачи данных.....	177
3.4.5. Моделирование системы обработки информации от удаленного объекта.....	180
3.4.6. Моделирование сети передачи данных через транзитный узел	183
ГЛАВА 4. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	185
4.1. Подготовка кадров по имитационному моделированию	185
4.2. Этапы конструирования и разработки имитационных моделей ...	188

4.3. Исследование работы автобусного маршрута	190
4.3.1. Анализ предметной области и патентная проработка	190
4.3.2. Проектная часть.....	193
4.3.3. Разработка имитационной модели автобусного маршрута и результаты машинного эксперимента	199
4.4. Исследование работы брошюровочно-переплетного цеха	207
4.4.1. Аналитическая часть.....	207
4.4.2. Проектная часть.....	210
4.4.3. Разработка имитационной модели «Изготовление книги в твердом переплете» и результаты машинного эксперимента	213
4.5. Исследование работы автомастерской таксопарка	217
4.5.1. Разработка имитационной модели «Автомастерская таксопарка»	217
4.5.2. Формирование результатов моделирования в редакторе форм	233
4.5.3. Машинный эксперимент и анализ результатов моделирования	238
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	243
ЛИТЕРАТУРА.....	244
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	247
П1. GPSS модель «Автозаправка».....	248
П2. GPSS модель «Моделирование участка цеха».....	248
П3. GPSS модель «Компьютерная мастерская».....	250
П4. GPSS модель «Парикмахерский салон».....	250
П5. GPSS модель «Моделирование системы управления запасами».....	251
П6. GPSS модель «Моделирование системы управления качеством».....	252
П7. GPSS модель «Супермаркет».....	253
П8. GPSS модель «Швейная фабрика».....	256
П9. GPSS модель «Система передачи информации».....	257
П10. GPSS модель «Узел распределения информации».....	258
П11. GPSS модель «Устройство обработки информации».....	259
П12. GPSS модель «Устройство обработки и сжатия данных».....	260
П13. GPSS модель «Распределенная система обработки и передачи данных».....	261
П14. GPSS модель «Система обработки информации от удаленного объекта».....	262
П15. GPSS модель «Сеть передачи данных через транзитный узел».....	264
П16. GPSS модель «Брошюровочно-переплетный цех».....	265
П17. GPSS модель «Автомастерская».....	268

ВВЕДЕНИЕ

Одно из направлений развития вычислительных технологий в настоящее время – это разработка новых инструментальных сред, позволяющих создавать аналитические и имитационные модели в различных отраслях: в науке, образовании, в экономике, на производстве, в бизнесе.

Технологий и средств моделирования на сегодняшний день разработано достаточно много, каждый из этих инструментальных средств моделирования ориентирован на определенную методологию. Невозможно сразу начинать моделировать какой-либо процесс, для этого необходимо специальное обучение способам, приемам и технологиям компьютерного имитационного моделирования. Изучение и освоение методик и систем имитационного компьютерного моделирования является одним из важных образовательных задач на сегодняшний день.

Специалист по моделированию, приступая к решению задачи, должен знать основы динамических процессов, подходы и методы решения сложных процессов и систем, в том числе аналитических и имитационных, а также конкретные информационные системы моделирования и используемые в них языки программирования. Среди множества сред аналитического моделирования базовыми являются: Maple, MathCAD, MATLAB, Mathematica, и другие.

Наиболее распространенным и достаточно удобным способом моделирования сложных систем является имитационное компьютерное моделирование объектов и процессов реального мира. При обучении моделированию сложных систем в России широко используются инструментальные среды разработки визуальных аналитических и имитационных моделей сложных систем: MvStudium, приложения системы MATLAB: Simulink и SimEvents, Arena, AnyLogic, Pilgrim, Simul8 и др. Особое место среди сред разработки компьютерных моделей сложных систем принадлежит расширению GPSS, имеющей статус студии под названием «Расширенный редактор GPSS World», позволяющему строить имитационные модели очень сложных систем [10]. Но для возможности оперировать этой программной средой и получать при моделировании верные результаты пользователь расширенного редактора должен овладеть технологией работы в среде, понять ее функциональные особенности, в этих целях был разработан практикум по освоению технологии разработки компьютерных моделей сложных систем в расширенном редакторе GPSS World.

Преимущество инструментальных средств имитационного моделирования в том, что имитационные модели позволяют исследовать любую сложную организационно-техническую систему при различных сценариях в процессе его проектирования, функционирования и модернизации. Это позволяет выявить

«узкие места» в ее работе и выработать рекомендации по оптимизации и устранению причин неэффективной работы реальной моделируемой системы.

Одним из приоритетных направлений подготовки инженеров в области информатики и информационных систем и технологий является развитие инженерно-технического мышления. В этом смысле обучение студентов технологиям разработки имитационных моделей сложных систем как информационных систем на основе группы ГОСТ 34 и 19 является основной задачей по формированию базовых знаний, в частности научно-исследовательских компетентностей инженера.

Данный практикум по имитационному моделированию дискретно-событийных процессов в расширенном редакторе GPSS World состоит из четырех глав.

В первой главе приведены основные понятия, используемые при моделировании систем массового обслуживания, основных операторов языка имитационного моделирования GPSS, об инструментальном средстве моделирования «Расширенный редактор GPSS World».

Во второй главе излагается парадигма об уровнях имитационного моделирования. Согласно этой парадигме разработаны методические рекомендации в виде лабораторных работ, позволяющие студентам освоить технологию имитационного моделирования в расширенном редакторе GPSS.

Третья глава посвящена разработке имитационных моделей на уровне учебно-исследовательского моделирования сложных систем в расширенном редакторе GPSS World и представлены задачи для разработки имитационных установок для моделирования узлов и элементов вычислительных сетей.

В четвертой главе приведены разработки имитационных моделей на уровне научно-исследовательской работы. Здесь приведены этапы имитационного моделирования и их согласованности с этапами выполнения выпускной квалификационной работы.

Представленные имитационные модели построены в первом приближении, соответственно могут быть уточнены и доработаны после анализа и обсуждения со специалистами в соответствующей отрасли моделирования. На примере разработки учебных и исследовательских работ показаны некоторые возможности инструмента разработки имитационных моделей «Расширенный редактор GPSS». В конце пособия приведена рекомендуемая литература.

Практикум предназначен для бакалавров, магистров, обучающихся технологиям имитационного моделирования, преподавателей, разработчиков компьютерных моделей и научных работников, занимающихся разработками компьютерных моделей сложных систем на основе методологии дискретно-событийного моделирования.

ГЛАВА 1. СРЕДА ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS WORLD И ЕГО РАСШИРЕНИЕ

1.1. Основные понятия теории систем массового обслуживания

Примеров систем массового обслуживания, которые окружают нас, можно привести очень много, практически все системы, которые относятся к сфере обслуживания - это магазины и ателье любых типов, автомобильные заправки, сервисные мастерские, парикмахерские, адвокатские и нотариальные конторы, комбинаты бытового обслуживания, банковские систем, автомобильные дороги и т.д. По теории систем массового обслуживания (СМО) описывающей и позволяющей создавать различные математические модели СМО максимально приближенных к реальным, написано множество работ и книг (см. [2, 6, 11, 30, 37, 49] и ссылки, литературу в них).

Системы массового обслуживания подразделяются на одноканальные и многоканальные, с отказами, с ограничением очереди обслуживания и бесконечной очередью. К примеру, к одноканальным системам относятся системы, состоящие из одного человека, который обслуживает клиента в той или иной сфере обслуживания. Клиенты приходят в систему обслуживания в случайные моменты времени. Время обслуживания в любой системе также является случайным и подчиняется какому-то закону распределения.

Примеров многоканальных систем массового обслуживания можно привести также много это супермаркеты, банковские системы, многополосные автомобильные дороги и другие системы, в которых имеются параллельные каналы, линии, приборы обслуживания.

Таким образом, система массового обслуживания (СМО) – это совокупность приборов, каналов, станков, линий обслуживания, на которые в случайные или детерминированные моменты времени поступают заявки на обслуживание.

В зависимости от скоростей поступления и обслуживания заявок, система массового обслуживания бывает с отказами или с очередью.

Очередью будем называть группу заявок, ожидающих обслуживания.

На рис. 1.1 схематично представлены виды систем массового обслуживания, здесь заявки поступают в накопитель, где в зависимости от соотношения времени поступления и обслуживания может образоваться очередь на обслуживание или нет.

Любая система массового обслуживания характеризуется следующими случайными переменными:

Интервал прибытия заявок – это интервал времени между последовательными моментами прибытия заявок в систему.

Время обслуживания – это время, требуемое прибору для выполнения обслуживания.

В соответствии с этими определениями вводятся понятие средней скорости поступления заявок λ и средней скорости обслуживания μ в данной системе массового обслуживания.

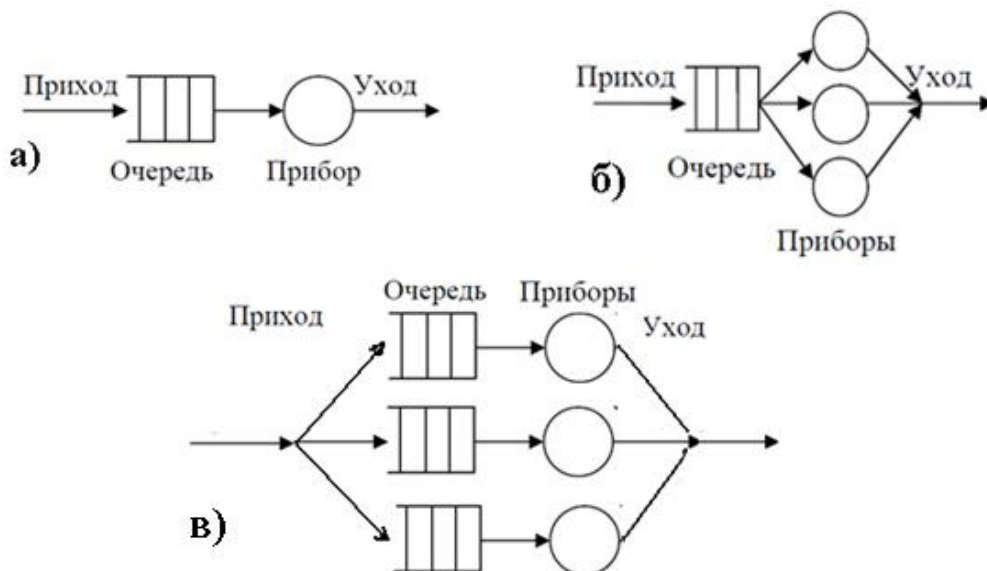


Рис. 1.1. Одноканальные (а) и многоканальные (б, в) системы массового обслуживания

В число случайных переменных можно ввести также следующие характеристики системы массового обслуживания:

1. Число заявок, прибывших на обслуживание за заданный промежуток времени.

2. Число заявок, которые попали на обслуживание сразу же по прибытии.

3. Среднее время пребывания заявок в очереди.

4. Средняя длина очереди.

5. Максимальная длина очереди.

6. Загруженность прибора, являющаяся функцией времени, которое потрачено прибором на обслуживание в течение заданного промежутка времени.

Эти характеристики являются основными показателями эффективности системы массового обслуживания.

Предметом теории массового обслуживания является построение математических (аналитических и имитационных) моделей, связывающих заданные условия работы СМО (число заявок, каналов, характер потока заявок и т.п.) с показателями эффективности СМО, описывающими ее способность справляться с потоком заявок.

Для построения имитационной модели системы массового обслуживания необходимо определить условия для характеристик системы:

1. Случайные переменные *интервал прибытия* и *время обслуживания* являются равномерно распределенными и принимают только целые значения.

2. Все прибывающие заявки должны быть обслужены независимо от длины очереди.

3. В начале моделирования система «пуста», т.е. нет очереди, и обслуживающий прибор свободен.

4. Моделирование продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто значение модельного времени, заданное для этой модели в качестве одного из входных данных.

При моделировании систем массового обслуживания совершаются некоторые *события*. События разделяются на две категории:

1. Основное событие – это такое событие, время возникновения которого можно запланировать заранее. Это, например, приход заявки, начало обслуживания и завершение обслуживания.

2. Вспомогательное событие – это событие, время возникновения которого невозможно запланировать заранее. Эти события возникают тогда же, когда и основные, но являются зависимыми, возникающими как следствие основных событий.

Таймер модельного времени. Промежуток времени между началом моделирования и его завершением называется *модельным временем*. Так как работа модели связана с последовательным возникновением событий, то вполне естественно использовать понятие Таймер Модельного Времени в качестве одного из элементов модели системы. Для этого вводят специальную переменную и используют ее для фиксации текущего времени работы модели. Опишем теперь некоторые специфические свойства таймера модельного времени.

Когда начинается моделирование, таймер модельного времени обычно устанавливают на нулевое значение. Разработчик сам решает вопрос о том, какое значение реального времени принять за точку отсчета. Например, началу отсчета может соответствовать 8 ч утра первого моделируемого дня. Разработчик также должен решить вопрос о выборе величины единицы времени. Единицей времени может быть 1 с, 5 с, 1 мин, 20 мин или 1 ч. Когда единица времени выбрана, все значения времени, получаемые при моделировании или входящие в модель, должны быть выражены через эту единицу.

На практике значения модельного времени должны быть достаточно малыми по сравнению с реальными промежутками времени, протекающими в моделируемой системе. В данной системе обычно выбирают единицу времени, равную 1 мин. Если при моделировании некоторой системы при текущем зна-

чении модельного времени ее состояние изменилось, то нужно увеличить значение таймера. Чтобы определить, на какую величину должно быть увеличено значение таймера, используют один из двух методов.

1. Концепция фиксированного приращения значений таймера

При таком подходе увеличивают значение таймера ровно на одну единицу времени. Затем нужно проверить состояние системы и определить те из запланированных событий, которые должны произойти при новом значении таймера. Если таковые имеются, то необходимо выполнить операции, реализующие соответствующие события, снова изменить значение таймера на одну единицу времени и т.д. Если проверка покажет, что для нового значения таймера не запланировано ни одного события, то произойдет передвижение таймера непосредственно к следующему значению.

2. Концепция переменного приращения значений таймера.

В этом случае условием, вызывающим приращение таймера, является наступление времени «близкого события». Близкое событие – это то событие, возникновение которого запланировано на момент времени, равный следующему ближайшему значению таймера модельного времени. Колебания приращения таймера от случая к случаю объясняют выражение «переменное приращение времени».

Завершение моделирования. Обычно после какого-то момента времени наступает необходимость прекратить моделирование. Например, нужно предотвратить приход новых заявок в систему, но обслуживание надо продолжать до освобождения системы. Одним из способов является введение в модель основного псевдособытия, называемого завершением моделирования. Тогда одной из функций модели будет планирование этого события. Момент времени, наступление которого должно вызвать остановку моделирования, задается обычно в виде числа. Таким образом, в процессе моделирования нужно проверить, является ли событие «завершение моделирования» следующим событием. Если «да», то в таймере устанавливается значение времени конца моделирования, а управление передается процедуре, которая отрабатывает завершение моделирования.

1.2. Среда дискретно-событийного моделирования GPSS World и его возможности

Для того чтобы анализировать процессы и бизнес-процессы, протекающие в мире, зачастую их удобно рассматривать как последовательность отдельных важных моментов – событий. Подход к построению имитационных моделей, предлагающий представить реальные действия в виде последовательности событий называется "дискретно-событийным" моделированием.

Дискретно-событийное моделирование (англ. discrete-event simulation, DES) — это разновидность *имитационного моделирования*. В дискретно-событийном моделировании функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. Событие происходит в определенный момент времени и знаменует собой изменение состояния системы.

Дискретно-событийное моделирование в большей степени развито и включает в себя огромную сферу приложений – от транспортных и производственных до систем логистики и систем массового обслуживания. Данный способ моделирования больше всего подходит для моделирования производственных процессов. Идея моделирования систем с дискретными событиями была сформулирована в виде Системы общецелевого моделирования или General Purpose Systems Simulator (GPSS) Джеффри Гордоном в 1961 году.

В рамках предлагаемой среды имитационного моделирования GPSS World можно рассмотреть основные подходы к моделированию систем различной природы. Для проведения практических занятий часто используют свободно распространяемую версию системы GPSS World Student Version. Выбранная система моделирования накладывает определенные условия на тип моделей, а точнее, реализуются так называемые модели массового обслуживания. И это вполне подходит для моделирования многих процессов, связанных с системами массового обслуживания, в том числе и для моделирования процессов, происходящих в компьютерах и вычислительных системах. Класс моделей можно расширить, используя другие системы моделирования, например, MATLAB/Simulink/SimEvents, Arena, VenSim, PowerSim, Pilgrim и другие.

Система GPSS (General Purpose System Simulator) предназначена для написания имитационных моделей систем с дискретными событиями. Наиболее удобно в системе GPSS описываются модели систем массового обслуживания, для которых характерны относительно простые правила функционирования составляющих их элементов. Программа GPSS World разработана компанией Minuteman Software. Используемая для лабораторных работ, версия программы GPSS World Student Version является свободно распространяемой и ее можно скачать с официального сайта разработчика www.minutemansoftware.com.

В системе GPSS моделируемая система представляется с помощью набора абстрактных элементов, называемых объектами. Каждый объект принадлежит к одному из типов объектов. Объект каждого типа характеризуется определенным способом поведения и набором атрибутов, определяемых типом объекта. Например, если рассмотреть работу порта, выполняющего погрузку и разгрузку прибывающих судов, и работу отделения банка, обслуживающего клиента, то можно заметить большое сходство в их функционировании (рис.1.2). В

обоих случаях имеются объекты, постоянно присутствующие в системе (порт и кассир или банкомат), которые обрабатывают поступающие в систему объекты (корабли и посетители банка). В теории массового обслуживания эти объекты называются приборами и заявками. Когда обработка поступившего объекта заканчивается, он покидает систему. Если в момент поступления заявки прибор обслуживания занят, то заявка становится в очередь, где и ждет до тех пор, пока прибор не освободится. Очередь также можно представлять себе как объект, функционирование которого состоит в хранении других объектов.

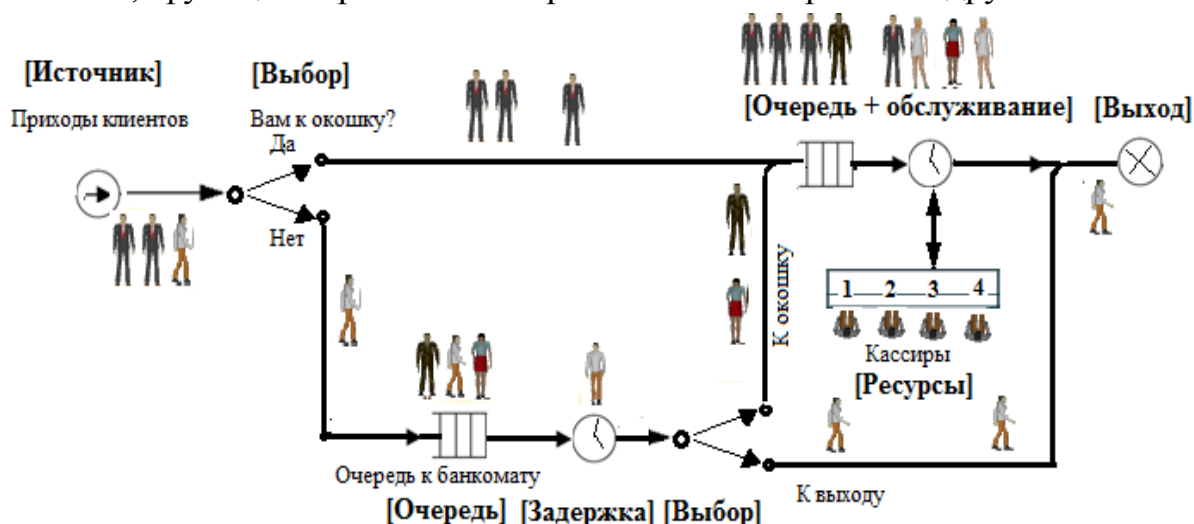


Рис. 1.2. Схема системы массового обслуживания «Отделение банка»

Каждый объект может характеризоваться рядом атрибутов, отражающих его свойства. Например, прибор обслуживания имеет некоторую производительность, выражаемую числом заявок, обрабатываемых им в единицу времени. Сама заявка может иметь атрибуты, учитывающие время ее пребывания в системе, время ожидания в очереди и т.д. Характерным атрибутом очереди является ее текущая длина, наблюдая за которой в ходе работы системы (или ее имитационной модели), можно определить ее среднюю длину за время работы (или моделирования). В языке GPSS определены классы объектов, с помощью которых можно задавать приборы обслуживания, потоки заявок, очереди и т.д., а также задавать для них конкретные значения атрибутов [37].

Под руководством профессора Бориса Яковлевича Советова (ЛЭТИ), в 90-е годы были написаны и переиздавались несколько учебников по моделированию систем [31-32], давших толчок к развитию имитационного моделирования в России. Эти книги были ориентированы на разработку имитационных моделей в среде GPSS и до сих пор являются базовыми учебниками.

В дальнейшем, начиная с 2000 г. были написаны ряд учебных пособий, практикумов [3-5, 13-15, 18-19, 23-24, 32,34], в которых представлены задачи

практико-ориентированного характера и их решения, связанные с моделированием непроизводственных, производственных систем и систем, связанных со сферой обслуживания в различных отраслях.

О возрождении интереса к языку GPSS говорит и появление ряда русскоязычных Интернет-ресурсов по системе GPSS. Кроме www.gpss.ru – это www.gpss-forum.narod.ru и www.simulation.org.ua.

Система GPSS World – комплексный моделирующий инструмент, охватывающий области как дискретного, так и непрерывного компьютерного моделирования и обладающий высоким уровнем интерактивности и визуального представления информации. На сегодняшний день GPSS World является приложением семейства операционных систем Windows и использует их очевидные преимущества – графический интерфейс пользователя и архитектуру «документ-вид». Программное обеспечение представляет собой полноэкранный текстовый редактор, позволяющий работать сразу с несколькими объектами (текст модели, журнал, отчет и т. д.) Кроме того, графический интерфейс дает возможность интерактивно взаимодействовать с выполняющимися процессами моделирования, а также применять наглядные графические окна для отображения их работы.

Для реализации взаимодействия GPSS World предоставляет, во-первых, механизм потоков данных. Под потоком данных в GPSS World понимается последовательность текстовых строк, используемых в процессе моделирования. С его помощью можно считывать и записывать данные в файлы текстового формата. Для управления потоками данных служат специальные блоки и процедуры. Таким образом, с помощью потоков данных можно использовать текстовые файлы, в том числе и для обмена информацией с внешними приложениями.

Второй механизм – процедуры динамического вызова. Библиотека встроенных процедур GPSS World содержит набор процедур для вызова функций, хранящихся во внешних исполняемых файлах, включая динамически подключаемые библиотеки DLL. То есть пользователь может прибегнуть к библиотекам функций сторонних разработчиков (или собственной разработки), которые порой существенно расширяют возможности системы.

GPSS World – самая современная реализация языка GPSS, дополненная вспомогательным языком PLUS. Непосредственно язык GPSS включает в себя 53 типа блоков и 25 команд, большое количество системных числовых атрибутов. Кроме того, 12 типов операторов составляют язык PLUS — Programming Language Under Simulation. Эффективность PLUS во многом обеспечивается большой библиотекой процедур.

GPSS World – объектно-ориентированный язык. Объект «Модель» главным образом содержит оператора модели, а также набор настроек. Кроме того, он включает в себя закладки и циркулярный список синтаксических ошибок.

Объект «Процесс моделирования» создается при трансляции операторов объекта «Модель». Для изменения его состояния применяются интерактивные команды и блоки.

В отличие от языков процедурного программирования, где формы отчетов по результатам моделирования разрабатываются самими программистами, в среде объектно-ориентированного программирования GPSS имеются стандартные отчеты. Удобство этих отчетов в том, что формы выдачи отчетов можно настроить пользователем на получение только необходимой информации.

Текстовый объект – это способ представления обычного текстового файла в GPSS World. В основном они применяются совместно с командами INCLUDE для подключения набора операторов, используемого в различных моделях. Кроме того, закрепив команду INCLUDE за горячей клавишей, можно интерактивно передавать объекту «Процесс моделирования» списки управляющих команд.

В GPSS World применяются полиморфные типы данных. Переменные могут принимать значения одного из четырех типов. Ячейки, элементы матриц, параметры транзактов и переменные пользователя могут принимать целочисленное, вещественное, строковое и неопределенное (unspecified) значение. Неопределенные значения используются при проведении дисперсионного анализа и указывают на отсутствующие данные. Значения времени могут быть целыми или вещественными. Преобразование типов происходит автоматически. Для работы со строковыми значениями в библиотеке процедур есть ряд специальных функций.

Вычислительные системы (ВС), которые будут рассматриваться как СМО, состоят из элементов, называемых объектами аппаратной категории (устройства, памяти и логические ключи). Этими элементами могут быть компьютеры, отдельные устройства компьютеров, устройства телеобработки и т.п. Динамическими объектами в СМО являются транзакты (сообщения, заявки), это решаемые в ВС задачи, которые представляют собой единицы исследуемых потоков. Функционирование СМО представляется как процесс прохождения транзактов через фиксированную структуру объектов аппаратной и ряда других категорий.

Так же в GPSS World присутствует ряд анимационных возможностей. Уровень их реализации колеблется от абстрактной визуализации, не требующей никаких усилий, до высоко реалистических динамических изображений, включающих в себя сложные элементы, созданные пользователем.

К студенческой и коммерческой версии GPSS World были добавлены новые возможности:

- Автоматический генератор отсеивающего эксперимента;
 - Автоматический генератор оптимизирующего эксперимента.
- В студенческой версии стали доступны кадры состояния:
- Библиотечная процедура дисперсионного анализа (ANOVA);
 - Переменное количество аргументов в процедуре Poly Catenate();
 - Библиотечные процедуры динамического вызова внешних функций;
 - Возможность трассировки PLUS;
 - Пакетный режим работы;
 - Команда EXIT¹ с различными режимами сохранения файлов;
 - Диалоговые окна создания блоков;
 - Настраиваемые интервалы табуляции;
 - PLUS-процедуры для операций с потоками данных.

Для детального изучения среды имитационного моделирования GPSS рекомендуются книги [3-5, 18, 22-23, 30-32, 34, 36] и информационные и образовательные порталы www.gpss.ru, www.gpss-forum.narod.ru, www.simulation.org.ua и www.intuit.ru [52]. В данном практикуме приводятся лишь некоторые блоки и возможности моделирования.

Блоки генерации и удаления транзактов

GENERATE A,B,C,D,E – блок генерации транзактов. A – средний интервал времени между последовательными транзактами; B – разброс интервала времени относительно A; C – время начальной задержки; D – количество генерируемых транзактов, по умолчанию неограниченно; E – приоритет транзактов, по умолчанию 0. TERMINATE A – блок удаления транзакта. A – величина уменьшение счетчика числа завершений.

Блоки занятия и освобождения приборов

SEIZE A – блок занятия прибора. A – имя прибора, подлежащего занятию транзактом.

RELEASE A – блок освобождения прибора. A – имя освобождаемого прибора.

ADVANCE A,B – блок задержки транзакта в цепи будущих событий. A – средний интервал времени задержки; B – разброс интервала времени относительно A.

Операторы и блоки вычислительной категории

¹ При разработке программ на GPSS команда EXIT записывается сокращенно EXI.

Name VARIABLE X – оператор описания целой переменной. Name FVARIABLE X – оператор описания действительной переменной.

Name BVARIABLE X – оператор описания логической переменной.

Name — имя переменной; X – выражение соответствующего типа.

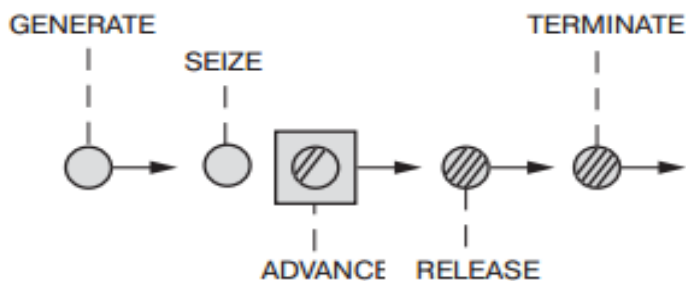


Рис.1.3. Схема одноканального СМО без очереди

SAVEVALUE A,B – блок сохранения значения сохраняемой величины.

A – имя или номер изменяемой ячейки; B – значение, которое надо записать в ячейку.

Блоки копирования и маршрутизации транзактов

Для распараллеливания транзактов по каналам и оптимизации маршрутов продвижения транзактов используются блоки

SPLIT A, B, C, D – где A число копий,

ASSEMBLE A

TRANSFER A, B, C, D

Компиляция и запуск имитации

Для того чтобы создать модель, необходимо запустить GPSS World. Выбрать пункт меню File → New и указать, что новый файл будет моделью (Model). После чего набрать текст программы на языке GPSS и откомпилировать ее, вызвав Command → Create Simulation. Если компилятор выдал сообщение об успешной компиляции:

Model Translation Begun.

Ready.

Пример 1. Процесс прохождения заявок (транзактов), поступление которых подчиняется равномерному закону со средним значением 8 и интервалом [6,10] единиц времени, а обработка – равномерному закону со средним 5 и интервалом [2,8]. Другими словами, поступление заявок подчиняется равномерному закону с интервалом 7 ± 2 мин, а обработка — равномерному закону со временем обработки 5 ± 3 мин.

Интерфейс среды программирования GPSS и программа для решения задачи представлена на рис.1.4.

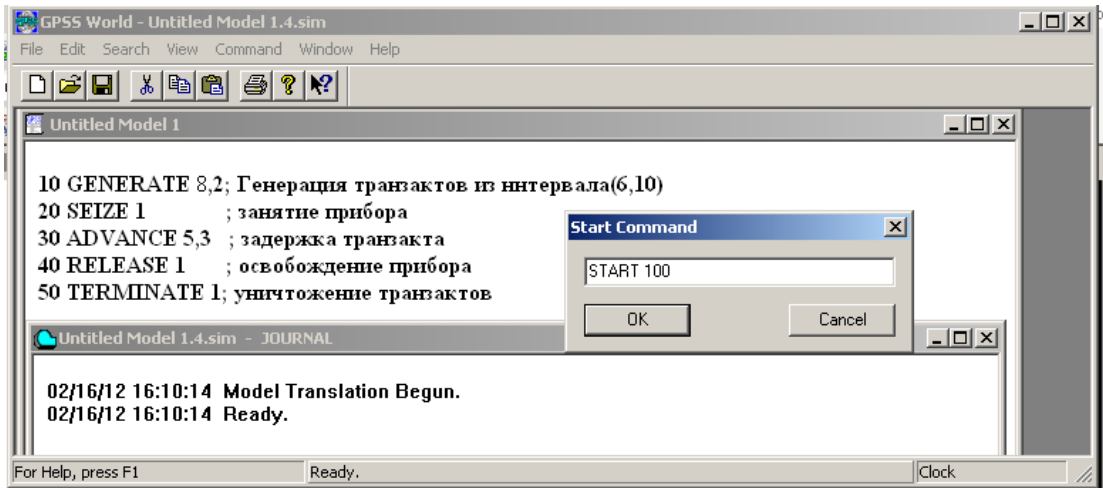


Рис.1.4. Программа решения для одноканального СМО

После набора программы можно провести компиляцию программы Command → Create Simulation, если ошибок нет, то запустить Start через меню Command. В результате задания количества транзактов START 100 на рис. 1.5имеем стандартный отчет (Report).

```

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.4.1

Thursday, February 16, 2012 16:15:16

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
0.000                813.630      5         1           0

LABEL              LOC  BLOCK TYPE      ENTRY COUNT  CURRENT COUNT  RETRY
1                   1   GENERATE        100           0              0
2                   2   SEIZE           100           0              0
3                   3   ADVANCE         100           0              0
4                   4   RELEASE         100           0              0
5                   5   TERMINATE       100           0              0

FACILITY           ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME AVAIL.  OWNER  PEND  INTER  RETRY  DELAY
1                  100     0.613   4.991  1         0     0     0     0     0

FEC XN  PRI      BDT    ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER  VALUE
101     0      819.106  101    0        1

```

Рис.1.5.Стандартный отчет (Report)

Стандартный отчет формируется автоматически системой GPSS World.

В процессе выполнения программы собирается стандартная статистическая информация, которая выводится на печать по окончании моделирования[24,31].

Содержание стандартного отчета (рис.1.5):

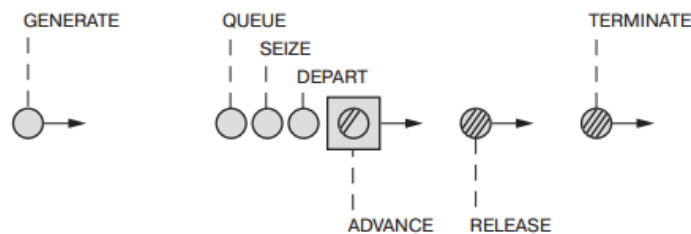
- Заголовок содержит название модели, дату и время запуска модели.
- Начало (START TIME) и конец (END TIME) модельного времени, количество блоков (BLOCKS), устройств (FACILITIES) и памятей (STORAGES) в модели.
- Список имен введенных в модели, где каждому имени (NAME) приписывается число (VALUE). Значения начинаются с 10000.000.
- Список блоков, содержащий следующую информацию:
LABEL – метка блока,

LOC – позиция блока в модели (Location),
BLOCK TYPE – название блока на языке GPSS.
ENTRY COUNT – количество вошедших в блок транзактов с момента последней команды CLEAR или RESET,
CURRENT COUNT – количество транзактов в данный момент в блоке,
RETRY – количество ожидающих транзактов на вход в блок.

- Список устройств, содержащий информацию:
FACILITY – название или номер устройства,
ENTRIES – количество транзактов, занимавших это устройство блоками SEIZE или PREEMPT с момента применения команд CLEAR или RESET,
UTIL. – коэффициент использования устройства,
AVE.TIME – среднее время одного обслуживания,
AVAIL. – доступность устройства в момент окончания имитации,
OWNER – количество транзактов, связанных с устройством,
PEND – количество транзактов, ожидающих устройство для захвата по блоку PREEMPT,
INTER – количество транзактов, прерванных при обработке блоками PREEMPT,
RETRY – количество транзактов, ожидающих по разным причинам освобождения устройства,
DELAY – количество транзактов, ожидающих освобождения устройства в режиме приоритетного входа по блоку PREEMPT.

- Список очередей с информацией:
QUEUE – название или номер очереди,
MAX – максимальное количество содержащихся транзактов в очереди за весь период сбора статистики,
CONT. – текущее количество транзактов в момент окончания имитации,
ENTRY – общее количество входов в очередь,
ENTRY(0) – количество вышедших транзактов из очереди без ожидания,
AVE.CONT – среднее значение транзактов в очереди,
AVE.TIME – среднее время ожидания в очереди,
AVE.(-O) – среднее время ожидания, исключая транзакты, которые не задерживались в очереди,
RETRY – количество ожидающих транзактов, на вход в очередь по некоторым причинам.

Пример 2. В условиях примера 1 необходимо получить статистические данные об очереди заявок, ожидающих обслуживания на приборе.



GPSS World - Untitled Model 1

File Edit Search View Command Window Help

Untitled Model 1

```

10 GENERATE      8,2
20 QUEUE         SER
30 SEIZE         DEV
40 DEPART        SER
50 ADVANCE       5,3
60 RELEASE       DEV
70 TERMINATE     1

```

Untitled Model 1.6.sim - JOURNAL

```

02/16/12 16:27:57 Model Translation Begun.
02/16/12 16:27:57 Ready.
02/16/12 16:28:13 START 100
02/16/12 16:28:13 Simulation in Progress.
02/16/12 16:28:13 The Simulation has ended. Clock is 813.629608.
02/16/12 16:28:13 Reporting in Untitled Model 1.6.1 - REPORT Window.

```

Untitled Model 1.6.1 - REPORT

Thursday, February 16, 2012 16:28:13

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	813.630	7	1	0

NAME	VALUE
DEV	10001.000
SER	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
1	GENERATE		100	0	0	0
2	QUEUE		100	0	0	0
3	SEIZE		100	0	0	0
4	DEPART		100	0	0	0
5	ADVANCE		100	0	0	0
6	RELEASE		100	0	0	0
7	TERMINATE		100	0	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
DEV	100	0.613	4.991	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
SER	1	0	100	92	0.007	0.055	0.687

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
101		0	819.106	101	0	1		

Рис.1.6.Схема, программа и стандартный отчет по решению задачи одноканального СМО с очередью

Блоки занятия и освобождения очереди. Транзакт помещается в очередь в том случае, если некоторое устройство не в состоянии обслужить его немедленно (например, устройство занято, либо память переполнена). Статистические данные об очередях могут быть получены с помощью двух типов блоков:

QUEUE A,B – блок занятия очереди. A – имя очереди; B – количество мест в очереди, занимаемое транзактом.

DEPART A,B– блок освобождения очереди. A – имя очереди; B – количество мест в очереди, освобождаемое транзактом.

Блок QUEUE может быть помещен перед любым блоком модели, в котором может возникнуть задержка. Отметим, что очередь к занятому устройству автоматически организуется пакетом моделирования независимо от того, есть в программе блок QUEUE или нет (рис.1.6).

Построение гистограмм

Система GPSS позволяет строить дополнительные статистические таблицы для получения частотных распределений определенных аргументов, которыми могут быть некоторые СЧА (например, времени задержки транзакта в отдельных частях модели; длин очередей; содержимого памяти и т.п.). У каждой таблицы имеются определенные области значений аргумента. Число попаданий аргумента в каждую из этих областей регистрируется системой автоматически. В конце эксперимента результаты в таблицах выводятся на печать.

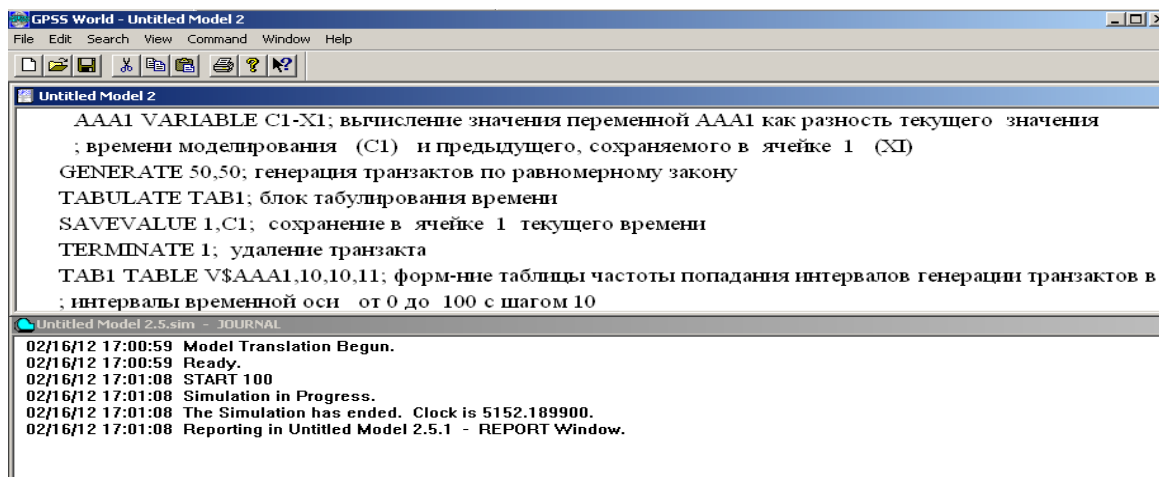
Name TABLE A,B,C,D – команда описания таблицы частотного распределения. Name – имя таблицы, A – имя переменной, значение которой табулируется, B – левая граница первого интервала таблицы, C – ширина интервалов, D – количество интервалов.

Name QTABLE A,B,C,D – команда описания таблицы времени пребывания в очереди. Name – имя таблицы, A – имя очереди, B – левая граница первого интервала таблицы, C – ширина интервалов, D – количество интервалов.

MARK A – блок отметки времени. A – номер параметра транзакта, в который заносится момент времени входа транзакта в данный блок.

TABULATE A,B – блок табулирования. A – имя таблицы, в которую заносится табулируемая величина, B – весовой коэффициент, задающий число раз занесения величины в таблицу при каждом входе в блок.

Пример 3. Получить таблицу распределения интервалов заявок по равномерному закону в интервале от 0 до 100.



```
GPSS World - Untitled Model 2
File Edit Search View Command Window Help
Untitled Model 2
AAAA1 VARIABLE C1-X1; вычисление значения переменной AAA1 как разность текущего значения
; времени моделирования (C1) и предыдущего, сохраняемого в ячейке 1 (X1)
GENERATE 50,50; генерация транзактов по равномерному закону
TABULATE TAB1; блок табулирования времени
SAVEVALUE 1,C1; сохранение в ячейке 1 текущего времени
TERMINATE 1; удаление транзакта
TAB1 TABLE V$AAAA1,10,10,11; форм-ние таблицы частоты попадания интервалов генерации транзактов в
; интервалы временной оси от 0 до 100 с шагом 10
Untitled Model 2.5.sim - JOURNAL
02/16/12 17:00:59 Model Translation Begun.
02/16/12 17:00:59 Ready.
02/16/12 17:01:08 START 100
02/16/12 17:01:08 Simulation in Progress.
02/16/12 17:01:08 The Simulation has ended. Clock is 5152.189900.
02/16/12 17:01:08 Reporting in Untitled Model 2.5.1 - REPORT Window.
```

Рис.1.7. Транслированная программа

В таблицах печатается информация:

TABLE – имя или номер таблицы или Q-таблицы,

MEAN – среднее значение табулируемой величины,

STD.DEV – стандартное отклонение,

RANGE – левый и правый конец интервалов. Интервалы с нулевыми значениями не отображаются,

RETRY – количество транзактов, ожидающих по некоторым причинам в блоке TABULATE,

FREQUENCY – количество элементов, попавших в этот интервал,

CUM.% – накопительный процент попавших элементов.

```

Thursday, February 16, 2012 17:01:08

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
  0.000             5152.190      4        0           0

NAME                VALUE
AAA1                10000.000
TAB1                10001.000

LABEL              LOC  BLOCK TYPE  ENTRY COUNT  CURRENT  COUNT  RETRY
1                  1    GENERATE    100          0         0      0
2                  2    TABULATE    100          0         0      0
3                  3    SAVEVALUE   100          0         0      0
4                  4    TERMINATE   100          0         0      0

TABLE              MEAN     STD.DEV.    RANGE                RETRY FREQUENCY CUM.%
TAB1               51.522   31.161      -                    0                12    12.00
                  10.000  -           20.000              10    22.00
                  20.000  -           30.000              11    33.00
                  30.000  -           40.000               5    38.00
                  40.000  -           50.000               7    45.00
                  50.000  -           60.000              10    55.00
                  60.000  -           70.000               9    64.00
                  70.000  -           80.000              14    78.00
                  80.000  -           90.000               9    87.00
                  90.000  -          100.000              13   100.00

SAVEVALUE          RETRY     VALUE
1                  0        5152.190

FEC XN  PRI      BDT      ASSEM  CURRENT  NEXT  PARAMETER  VALUE
  101   0      5209.899   101     0        1

```

Рис.1.8. Результат моделирования в виде стандартного отчета

Для первоначального ознакомления с программной средой GPSS рекомендуем книгу Б.Я.Советова, С.А. Яковлева «Моделирование систем. Практикум», в котором подробно описаны методы и технологии работы в среде GPSS [31]. Для лучшего усвоения и приобретения навыков по построению и исследованию аналитических и имитационных моделей – учебные пособия [18, 23, 24, 34, 36].

Имитационная модель СМО представляет собой алгоритм, отражающий поведение СМО, т.е. отражающий изменения состояния СМО во времени при заданных потоках заявок, поступающих на входы системы.

Параметры входных потоков заявок - внешние параметры СМО. Выходными параметрами являются величины, характеризующие свойства системы - качество ее функционирования. Примеры выходных параметров: производительность СМО - среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени; коэффициенты загрузки оборудования - отношение времен обслуживания к общему времени в каждом ОА; среднее время обслуживания одной заявки. Основное свойство ОА, учитываемое в модели СМО, - это затраты времени на обслуживание, поэтому внутренними параметрами в модели СМО являются вели-

чины, характеризующие это свойство ОА. Обычно время обслуживания рассматривается как случайная величина и в качестве внутренних параметров фигурируют параметры законов распределения этой величины.

Задания на моделирование:

1. Изучить основные блоки среды GPSS World.
2. Построить модели производственных и непроизводственных систем и систем массового обслуживания (рис.5.20 - 5.24) из учебного пособия [23, 24] в среде объектно-ориентированного программирования GPSS World.
3. Провести компьютерное моделирование в зависимости от характеристик среды и начальных условий.
4. Провести обработку и анализ результатов машинных экспериментов и моделирования.

1.3. Расширенный редактор GPSS World

Модернизацией и расширением возможностей GPSS World занимались многие компании и авторы [23, 34]. Существенный вклад в расширение возможностей инструментария GPSS World и наибольших успехов в этом направлении достигла компания ООО Элина-Компьютер[10].

В 2002 году было подписано соглашение между компанией Minuteman Software и ООО Элина-Компьютер о продвижении системы GPSS World в России. Был осуществлен перевод эксплуатационной документации и получены эксклюзивные права на распространение GPSS World в России и странах бывшего СССР.

В 2010 году была начата разработка расширенного редактора GPSS World, позволяющего осуществлять имитационные исследования на принципиально новом технологическом уровне:

- проектирование моделей в структурно-графическом виде;
- интеграция этапов ИМ;
- создание единой базы моделей и результатов;
- графическое представление результатов моделирования;
- возможности создания 2D анимации и т.д.

К концу 2012 г. была завершена разработка второй еще более функциональной и мощной версии расширенного редактора GPSS World. С использованием возможностей данного редактора компанией было создано имитационное приложение для транспортной дирекции АНО Универсиады 2013, содержащей более 40 логистических моделей различных спортивных объектов.

Также в рамках реализации проекта GPSS в 2012 г. создан Сервер GPSS, программа позволяющая обеспечить управление удаленным использованием одной, несколькими лицензиями GPSS World в рамках локальной сети или сети Интернет. При этом на клиентских местах должен быть развернут расширенный редактор. Сервер GPSS имеет сервис ориентированную архитектуру, содержит ряд постепенно наращиваемых сервисов и создан на основе технологии облачных вычислений.

Состав расширенного редактора-студии:

- многофункциональный текстовый редактор GPSS моделей;
- графический редактор моделей - редактор схем: с его помощью, разработчик способен формировать структурную схему модели, двигаясь от частного к общему (снизу-вверх) или сверху-вниз (от абстрактных понятий к деталям);
- редактор форм ввода исходных данных в модель;
- редактор форм вывода результатов моделирования;
- подсистема автоматизации планирования экспериментов;
- подсистема анализа результатов экспериментов и серий экспериментов;
- генератор отчетов об исследовании;
- подсистема 2D анимации;
- и другие подсистемы, сервисы и функции

Студенческую версию расширенного редактора можно скачать по ссылке gpssee.elina-computer.ru. Для более детального ознакомления с возможностями расширенного редактора можно воспользоваться учебниками авторов инструментального средства [10, 21].

1.3.1. Пользовательский интерфейс расширенного редактора

После запуска GPSS World открывается рабочее окно, в котором сразу можно построить новую схему открыто, или открыть уже существующую (рис.1.9). Окно программы обеспечивает легкую навигацию по элементам проекта, таким, как «проекты», «классы», «схемы» и т.д.

Поскольку проект организован иерархически, то он отображается в виде дерева: сам проект образует верхний уровень дерева рабочего проекта, пакеты – следующий уровень, классы активных объектов и сообщений – следующий и т.д. Можно копировать, перемещать и удалять любые элементы дерева объектов, легко управляя рабочим проектом.

Главное меню редактора расположено в верхней части окна и содержит команды для работы с программой, моделями, схемами и т.д. Главное меню

имеет постоянные пункты: «Файл», «Редактирование», «Помощь»; и пункты, зависящие от контекста: «Вид», «Модель», «Журнал», «Схема», «Форма», «Моделирование», «Трассировка». Каждый контекстный пункт служит для работы с определённым типом файлов (например - «Модель», «Журнал», «Схема», «Форма»). Он также зависит от выполнения определённых связанных друг с другом операций (например - «Вид», «Моделирование», «Трассировка»). Каждый пункт представляет собой выпадающее меню и содержит свой набор команд.

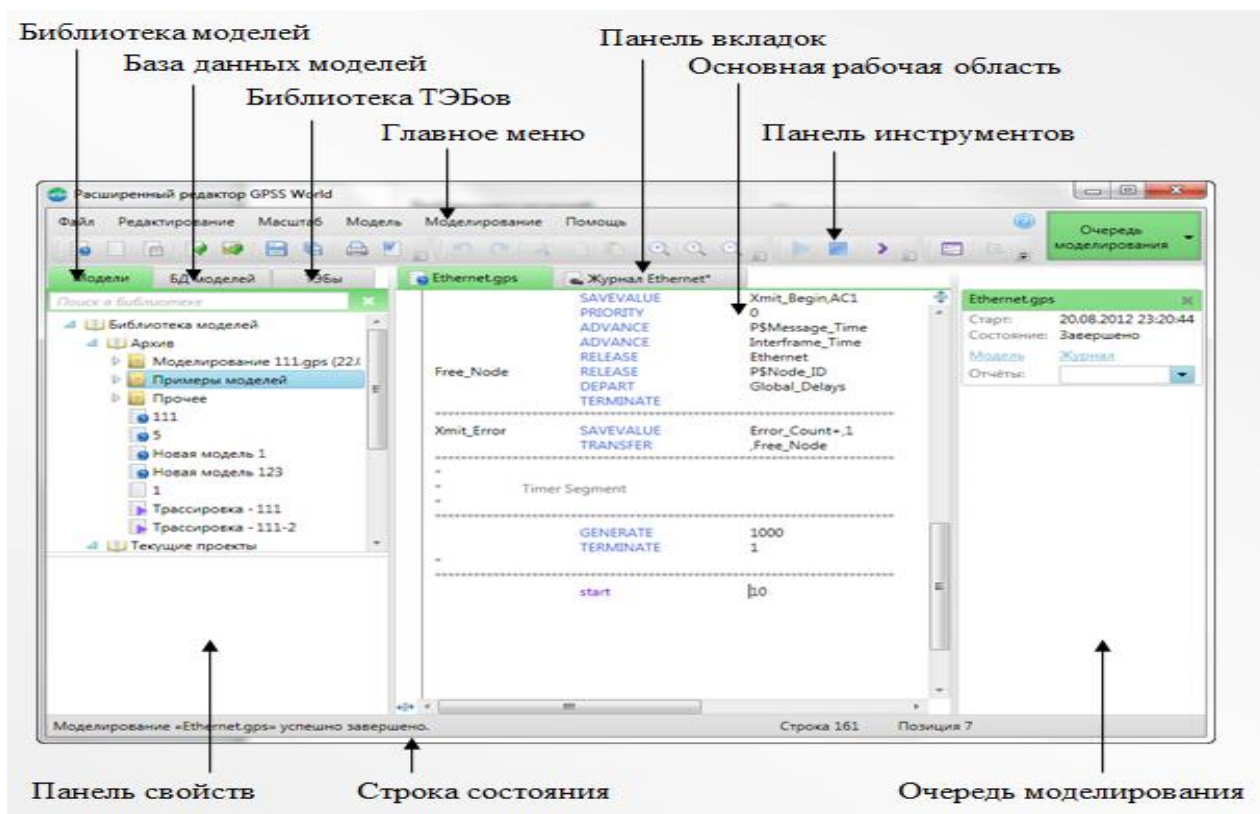




Рис. 1.9. Рабочие области главного окна программы

На панели инструментов отображаются некоторые, наиболее важные команды из главного меню. Практически все пункты главного меню имеют соответствующую панель инструментов. Так же как и в главном меню, доступность некоторых команд на панели инструментов зависит от контекста.

Работая с моделью, особенно большой, зачастую возникает необходимость в создании дополнительных файлов, или хранении документов, таких как техническое задание, данные предметной области и т.п. Для организации и структурирования файлов, необходимых для разработки модели, в программе имеется библиотека моделей. Библиотека моделей располагается в левой части главного окна программы. Чтобы перейти к ней, необходимо нажать на вкладку «Модели». Библиотека моделей служит для организации схем, моделей, результатов и других файлов. Она представляет собой иерархическое дерево, состоя-

щее из папок, проектов и файлов. Каждый тип элемента имеет своё собственное назначение и контекстное меню, содержащее команды для работы с ним. Оно вызывается правой кнопкой мыши.

Папки и проекты могут содержать в себе другие элементы. Причём, если элементы присутствуют и родительский элемент свёрнут, то элементы не показываются, но рядом с иконкой элемента присутствует значок . Если родительский элемент раскрыт, то дочерние элементы видны, а значок имеет вид .

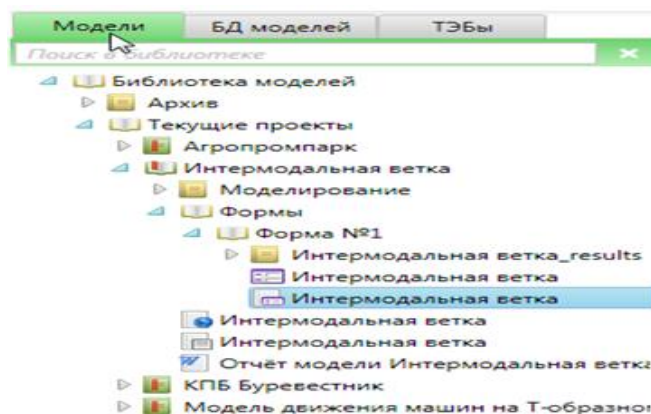


Рис. 1.10. Библиотека моделей.

Проектирование моделей осуществляется с помощью редактора схем. Схема формируется из определяемых разработчиком типовых элементов (ТЭ-Бов) двух видов.

Первый вид элементов («чёрный ящик») представляет конечный элемент схемы. Он содержит набор входов и выходов, для взаимодействия с другими элементами, а также модель GPSS World, которая определяет его поведение и состояние. ТЭБ можно настроить с помощью параметров. Входы и выходы ТЭ-Ба ассоциируются с метками модели, а взаимодействие между ТЭ-Бами выражается в движении транзактов между их входами и выходами. Т.к. ТЭБ представляет собой «чёрный ящик», разработчик имеет возможность указать тип транзактов, которые могут работать с определенным входом или выходом ТЭ-Ба, чтобы согласовать логику работы множества элементов.

Второй вид элементов – сложный блок, состоящий из нескольких простых. Он также имеет входы и выходы. Но вместо модели содержит подсхему из взаимосвязанных ТЭ-Бов более низкого уровня.

Редактирование параметров ТЭ-Ба осуществляется с помощью специального окна.

Данное окно вызывается при следующих действиях:

- создание ТЭ-Ба в библиотеке ТЭ-Бов;

- выбор команды «Данные» ТЭБа в библиотеке ТЭБов;
- двойной щелчок по ТЭБу в редакторе схем;
- выбор команды «Данные» ТЭБа в редакторе схем.

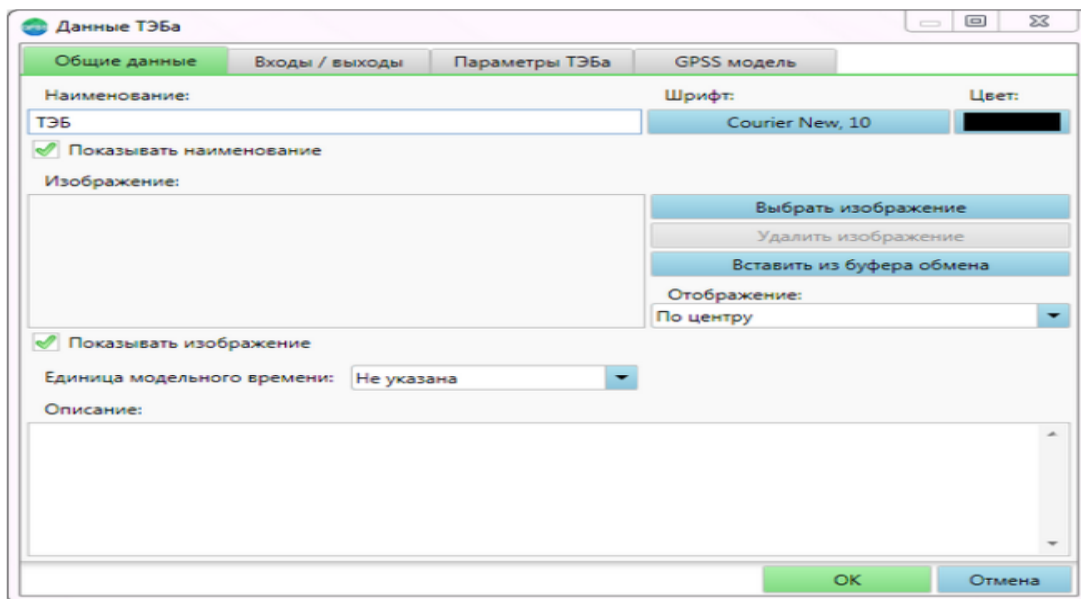


Рис. 1.11. Окно редактирования параметров ТЭБа.

В зависимости от вида вызова заголовков окна может меняться, но набор доступных действий останется одним и тем же. Рассмотрим их подробнее. В расширенном редакторе GPSS World для каждого выделенного элемента модели существует свое окно свойств, в котором указываются свойства (параметры) этого элемента.

Для этого необходимо щелкнуть правой кнопки мыши и из выпадающего списка выбрать пункт «Данные».

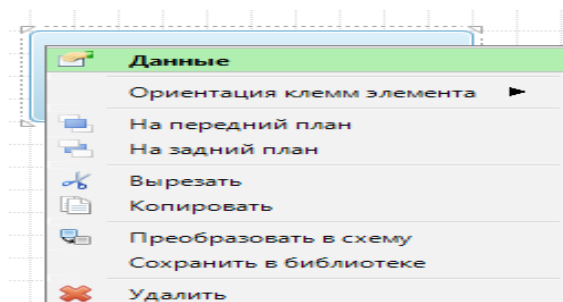


Рис. 1.12. «Данные» ТЭБа

После этого появится окно, показывающее параметры данного выделенного элемента. Окно «Данные» содержит несколько вкладок. Каждая вкладка содержит элементы управления, такие как общие данные, входы/выходы, параметры ТЭБа, GPSS модель, с помощью которых можно просматривать и изменять свойства элементов модели.

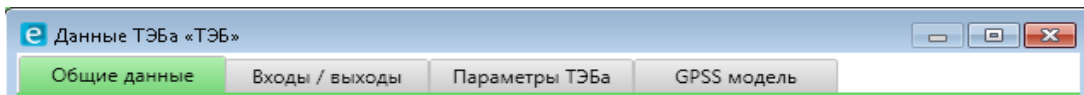


Рис. 1.13. Панель вкладок «Данные» ТЭБа

Во вкладке «Общие данные» работают с такими параметрами: наименование элемента, шрифт, размер шрифта, цвет, единицу модельного времени. Так же элемент можно визуализировать как изображение.

Входов и выходов у элемента может быть как один, так и несколько. Во вкладке «Входы/выходы» задаем количество входов и выходов и указываем их наименования. Так же во время построения модели в обязательном порядке указываем ориентацию клемм элемента. В большинстве случаев это ориентация: Слева направо.

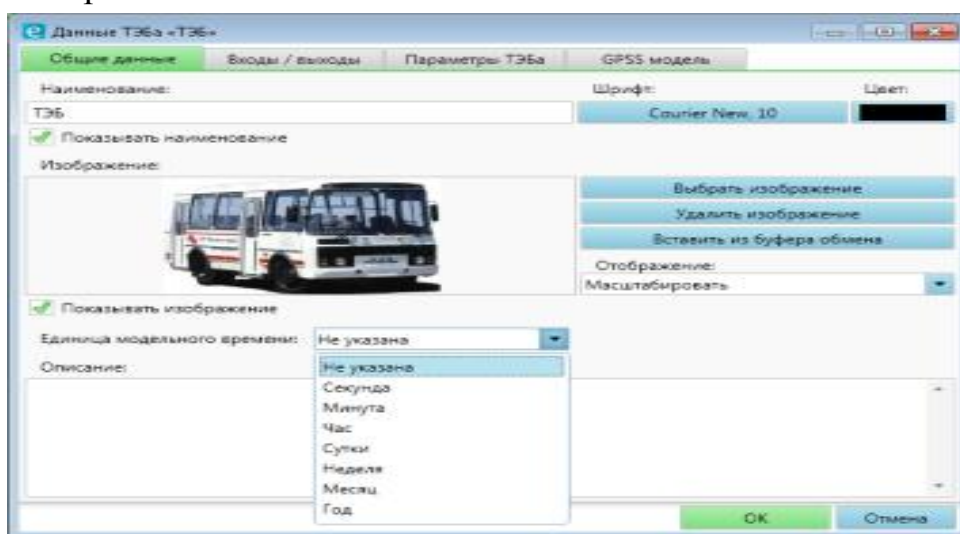


Рис. 1.14. Общие данные ТЭБа

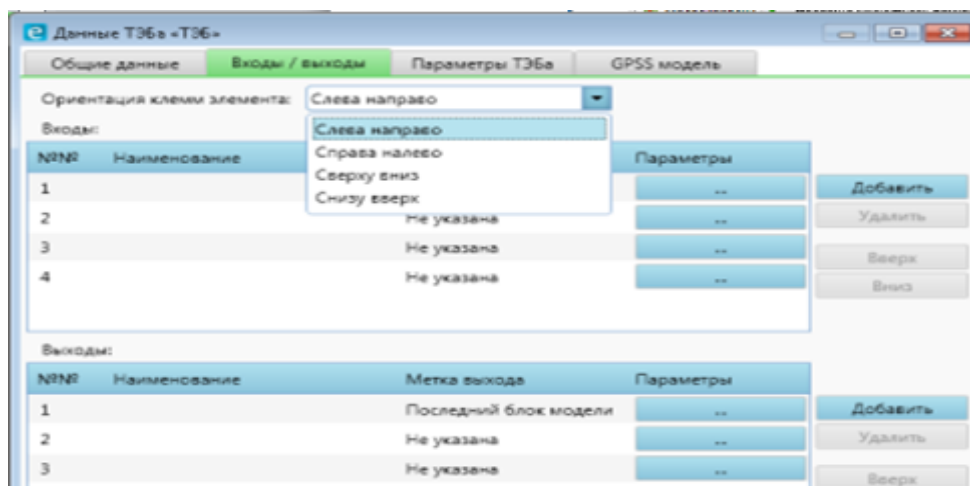


Рис. 1.15. Входы и выходы ТЭБа

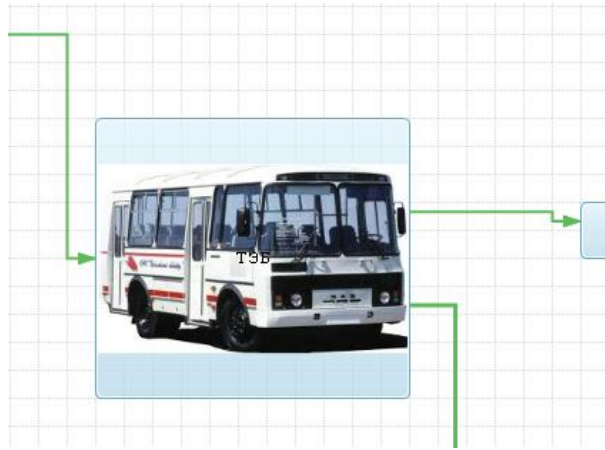


Рис. 1.16. Пример входов и выходов ТЭБа

Третья вкладка в окне «Данные» это «параметры ТЭБа». Мы работаем с такими параметрами, как матрица, ячейки, логические ключи, именованные величины, память и замена текста по маске.

Последняя вкладка «GPSS модель» отвечает за поведение и ход моделирования. Так как именно в этой вкладке мы пишем код модели.

При построении данной модели мы будем использовать три основных блока:

- *GENERATE*;
- *ADVANCE*;
- *TRANSFER*.

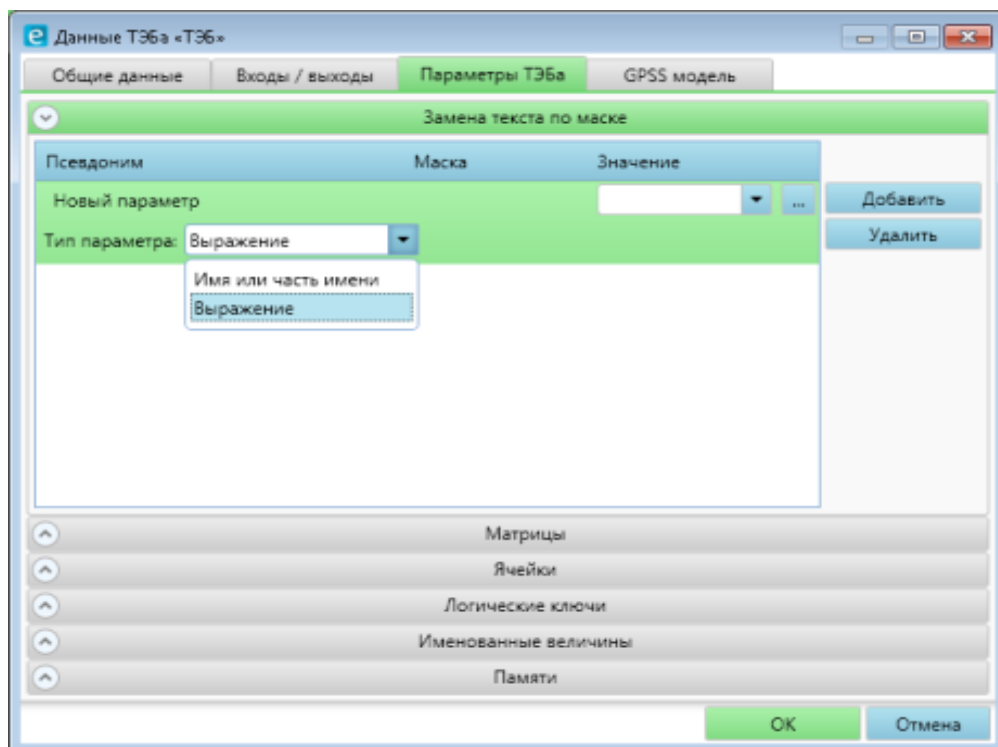


Рис. 1.17. Параметры ТЭБа

GENERATE Blocks (Блоки GENERATE) позволяет задать номер генератору случайных чисел. Блоки GENERATE вычисляют время между двумя входами – время для операндов A и B. Если вы определяете неположительный номер, то используется генератор случайных чисел под номером 1;

ADVANCE Blocks (Блоки ADVANCE) позволяет выбрать номер генератора случайных чисел – времени задержки для операндов A и B. Если вы определяете неположительный номер, то используется генератор случайных чисел под номером 1;

TRANSFER Blocks (Блоки TRANSFER) позволяет определить, какой генератор случайных чисел должен быть использован, когда блок передачи выбирает вероятностного адресата блока. Если вы определяете неположительный номер, то используется генератор случайных чисел под номером 1.

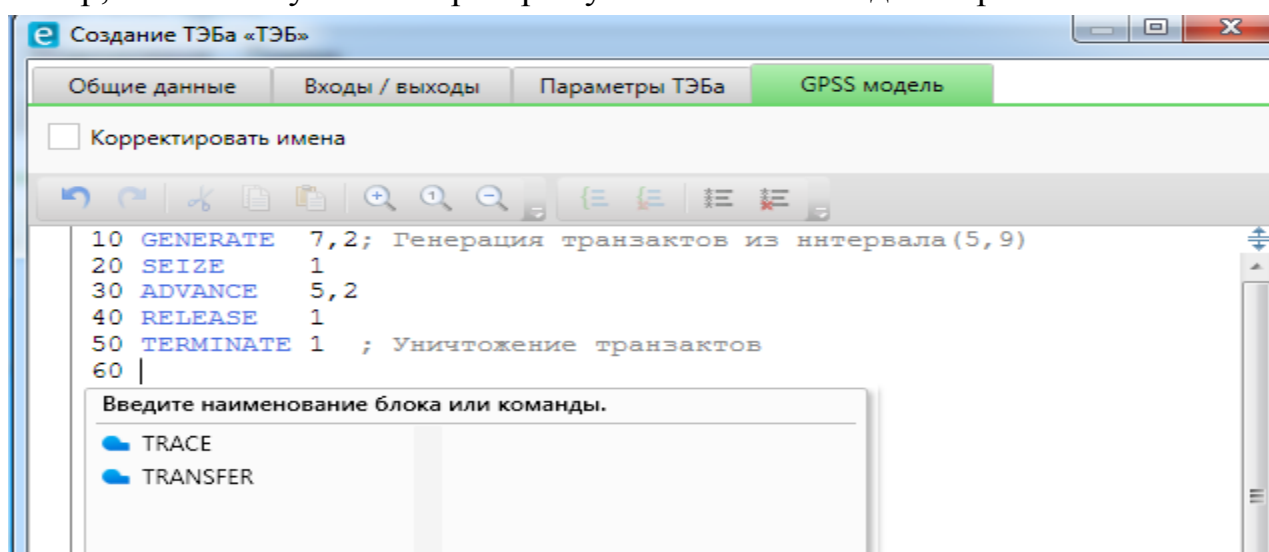


Рис. 1.18. GPSS модель ТЭБа

1.3.2. Пользовательский интерфейс редактора форм

Редактор форм предназначен для вывода результатов моделирования в виде графиков, различных статистических характеристик изучаемой системы массового обслуживания, наличие этого редактора позволяет превратить расширенный редактор GPSS World в полноценное имитационное приложение, в некоторую расширенную студию, позволяющую проводить исследование в среде приближенной к предметной реальной области. Это дает исследователю возможность не отвлекаться на не свойственные ему функции, сосредоточиться на главном – глубоком и качественном проведении имитационного исследования.

Редактор форм позволяет подключать экспертов из данной предметной области к профессионалам имитационного моделирования и совместно конструировать имитационное приложение. А далее, эксперты уже самостоятельно

могут проводить непосредственно исследование – эксперименты, серии экспериментов, разрабатывать отчет, вырабатывать рекомендации. Все это существенно повышает качество и скорость исследования.

При запуске редактора форм открывается окно следующего содержания

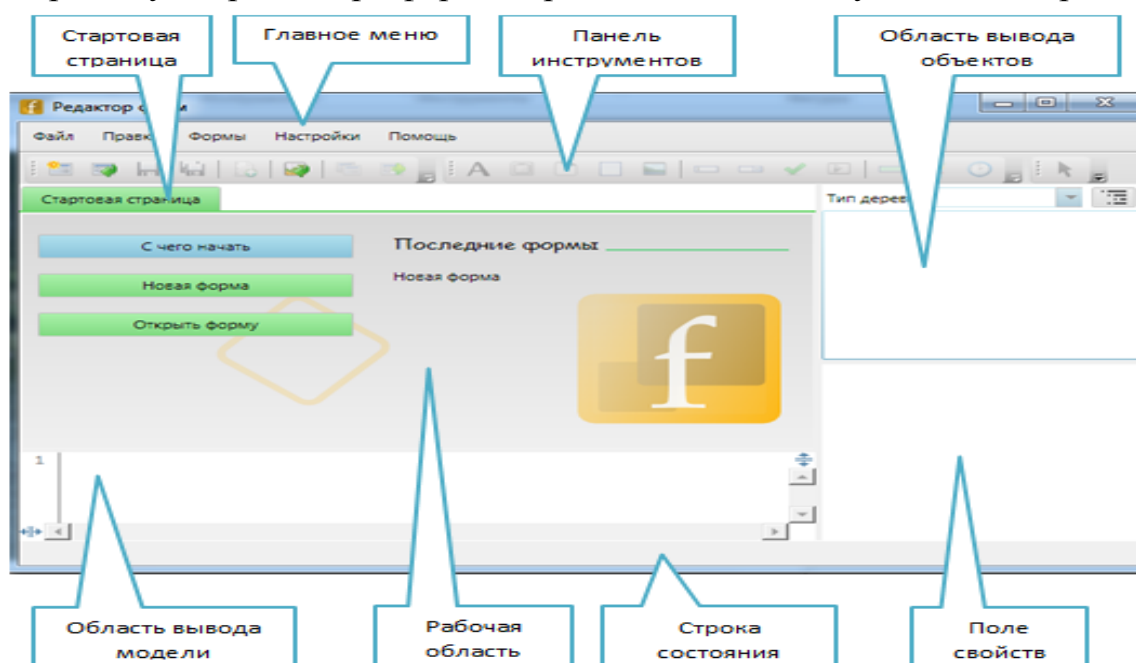


Рис. 1.19. Главное окно редактора форм

Главное меню редактора расположено в верхней части окна и содержит команды для работы с программой. Внешний вид главного меню представлен на следующем рисунке.

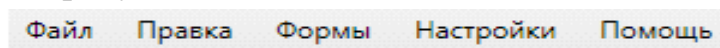


Рис. 1.20. Главное меню редактора

Панель инструментов располагается в верхней части окна, под главным меню и имеет следующий вид.



Рис.1.21. Панель управления редактора

Настройка модели выбирается в главном меню команды "Формы/Настройка модели", под которой откроется окно информации о модели. При работе с данным окном пользователь может в поле названия модели дать название, которое будет заголовком окна, и будет фигурировать в результатах эксперимента. Рекомендуется заполнять это поле для лучшей идентификации экспериментов. Также необходимо, опираясь на физический смысл, выбрать единицу модельного времени из 6 возможных значений (секунда, минута, день, месяц, год) и задать дату и время начала моделирования в модели.

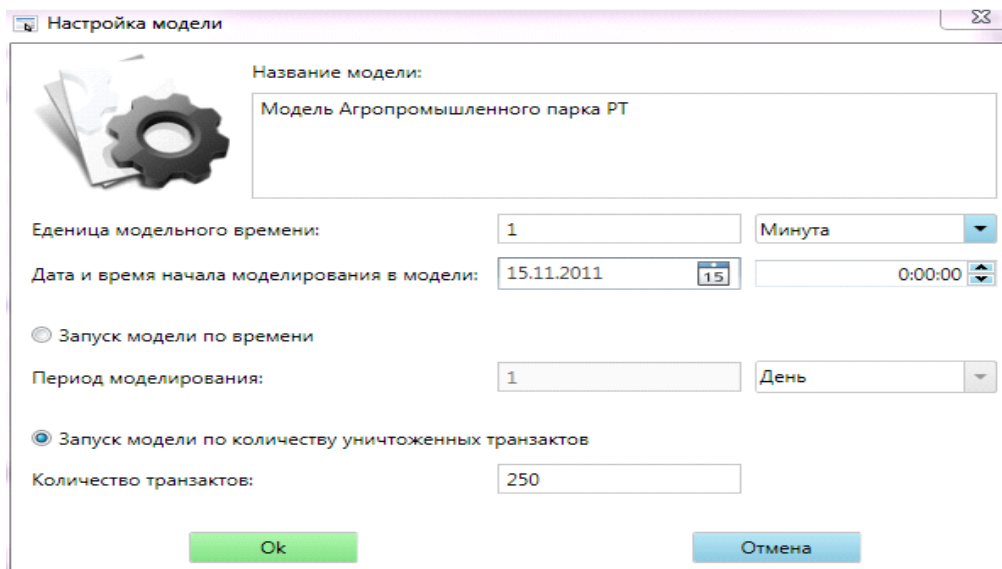


Рис.1.22. Окно информации о модели

Далее необходимо указать условие запуска моделирования.

Возможны два варианта:

1. Запуск модели по времени. Тогда необходимо указать период моделирования и его единицы измерения. При выборе этого варианта следует отметить, что операнды всех блоков TERMINATE будут очищены. Поэтому, если в модели необходимы эти значения операндов, этот метод запуска не подойдет.

2. Запуск модели по количеству уничтоженных транзактов. При этом варианте запуск будет происходить с помощью команды START с указанным числом. Поэтому в модели должен быть хотя бы один блок TERMINATE с непустым операндом A.

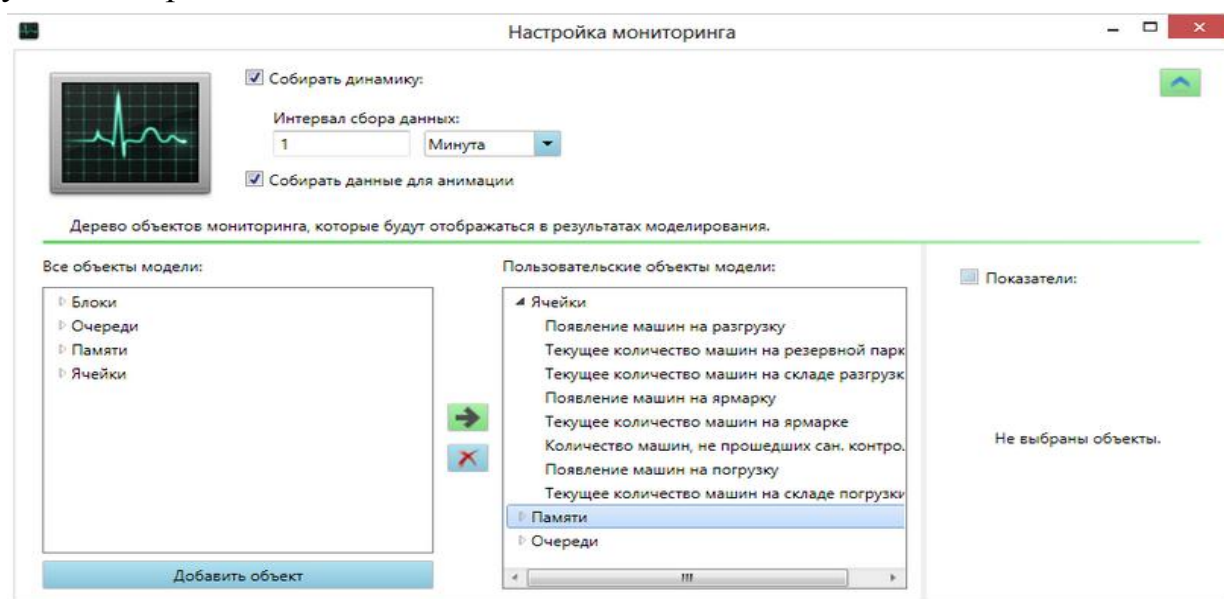


Рис.1.23. Окно настройки мониторинга

Динамический мониторинг необходим для задания параметров монито-

ринга модели в процессе ее исполнения и вызывается выбором в главном меню команды "Формы /Настройка мониторинга", после которой откроется окно. Настройка параметров необходима для корректной (по замыслу автора модели) работы подсистемы сбора данных о состоянии объектов модели в процессе ее исполнения.

Диалоговое окно настройки мониторинга состоит из двух панелей. Первая панель – "настройка периодичности сбора данных", вторая – "дерево объектов мониторинга, которые будут отражаться в результатах моделирования".

На первой панели нужно выбрать периодичность сбора. Рекомендуется излишне не детализировать сбор, так как это приводит, во-первых, к увеличению времени моделирования и, во-вторых, к нерациональному использованию памяти (результаты могут занимать десятки мегабайт на диске). Также можно установить флаг, собирать ли данные для анимации, если она в форме имитационного исследования создана.

Работа с панелью "дерево объектов мониторинга" происходит в трех полях: "дерево объектов модели", "дерево пользовательских объектов модели", "список показателей выбранных объектов".

Дерево объектов модели находится в левой части окна. В него входят все объекты, которые определил анализатор в модели. Использование редактора форм на примерах приведено в следующей главе.

Более подробную информацию и примеры разработки имитационных установок можно получить из руководств, представленных в редакторе форм и расширенном редакторе GPSS World, в меню «Помощь» (рис.1.24).

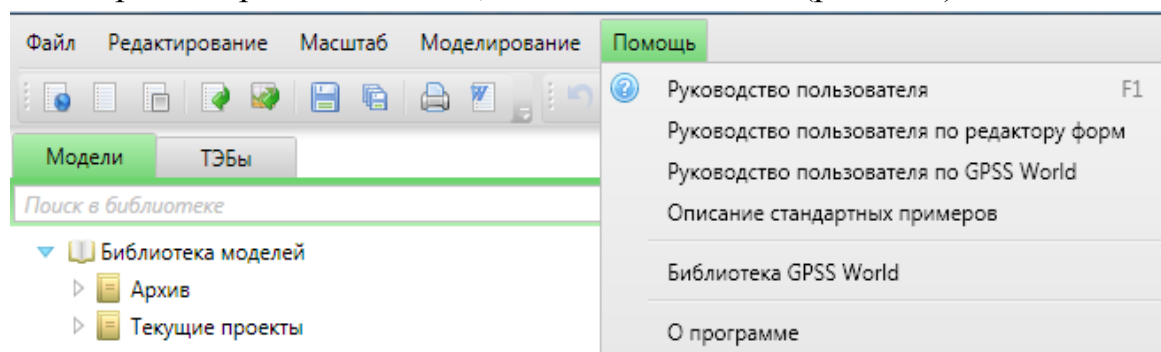


Рис.1.24. Руководства пользователя

Использование этих руководств и нашего практикума позволят начинающему разработчику имитационных моделей быстрее освоить методологию дискретно-событийного моделирования и студии моделирования «Расширенный редактор GPSSW» по разработке имитационных установок сложных систем.

ГЛАВА 2. УЧЕБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

2.1. Уровни имитационного моделирования

С изменением парадигмы подготовки специалистов и многоуровневости образовательного процесса (бакалавриат, магистратура, аспирантура) изменились и подходы подготовки выпускников высшего образования. В основе образовательных стандартов нового поколения лежат деятельностный и компетентностный подходы. У выпускников различных уровней образования и направлений подготовки должны сформироваться те или иные (общекультурные, общепрофессиональные, профессиональные, специальные и другие) компетенции. И выпускники должны быть готовы к различным видам профессиональной деятельности.

В связи с развитием информационных технологий в области имитационного моделирования и появлением колоссальных возможностей разработки виртуальных имитационных моделей практически во всех сферах человеческой деятельности возникает существенная необходимость подготовки кадров в области имитационных исследований.

Опыт подготовки бакалавров по направлению «Информационные системы и технологии» показывает, что формирование компетенций по проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности особенно ярко проявляется при подготовке научно-исследовательских работ в виде курсовых, проектных и выпускных квалификационных работ. По учебному плану бакалавриата предусматривается не менее трех курсовых работ, мы определили их в рамках дисциплин:

Технологии программирования – 4 семестр, в котором студенты разрабатывают различные приложения системах программирования, здесь они делают первые шаги по исследовательской деятельности.

Моделирование процессов и систем – 6 семестр, в котором разрабатывают компьютерные аналитические и имитационные модели. Здесь определяются задачи, проводится обзор литературы и выбор инструментальной среды моделирования. Разработка компьютерных моделей проводится на уровне учебно-исследовательских моделей.

Проектирование и архитектура информационных систем – 7 семестр, разработка имитационных моделей проводится на более высоком уровне, здесь разрабатываются проекты согласно технологиям проектирования информационных систем.

По степени разработки и значимости использования имитационных моделей, имитационное моделирование можно подразделить на несколько уровней, предложенных в работах [9, 33]:

- *учебное моделирование;*
- *научно-исследовательское моделирование;*
- *профессиональное моделирование;*
- *промышленное моделирование.*

Учебное моделирование – это разработка учебных моделей, выполняемых под руководством «учителя» (в учебном заведении, на курсах или просто в рабочей обстановке). Учебное моделирование можно подразделить на две ступени:

- *учебно-познавательное моделирование;*
- *учебно-исследовательское моделирование.*

При *учебно-познавательном моделировании* происходит передача знаний, освоение методов имитационного моделирования, здесь на алгоритме построения этих моделей «ученик» знакомится с основными методологиями и информационными системами и технологиями имитационного моделирования, приобретает знания и навыки разработки моделей. Как правило, эти модели являются не сложными по объему и логике, простыми в разработке, такие модели называются типовыми. Построение одной учебной модели укладывается в рамки учебного процесса в форме лабораторных и практических занятий. Эти модели являются прототипами для построения учебных моделей для других классов СМО и подобных объектов и систем.

Учебно-исследовательское моделирование отличается продолжительностью разработки. Разработка одной модели может занимать несколько занятий или выполняться в рамках курсовой работы по моделированию на 3 курсе и курсового проектирования на 4 курсе. При выполнении курсовых работ и проектов происходит первичное формирование научно-исследовательских навыков «ученика». Здесь идет обучение не по готовым разработкам, а по самостоятельно проектируемым и разрабатываемым учеником имитационных моделей по аналогии с другими классами СМО и аналогичными или подобными объектами и системами. Разработка как учебно-познавательных, так и учебно-исследовательских моделей проводится как с помощью языков моделирования типа GPSS, так и с помощью современных средств моделирования, таких, как AnyLogic, Arena, Simplex3, Simul8, FlexSim и др.

Следующий уровень имитационного моделирования – это *научно-исследовательское моделирование*, чаще всего выполняется на кафедрах учеб-

ных заведений в рамках договорных или чисто исследовательских работ. Эти модели создаются для проведения научных исследований, разработки проводятся в учебном заведении в рамках квалификационной или диссертационной работы. Научно-исследовательское моделирование можно подразделить на несколько ступеней (этапов), связанных с уровнем образования и типом учреждения:

- выполнение квалификационной работы на уровне бакалавриата;
- магистерская квалификационная работа, выполняемая в рамках исследовательской темы в учебном заведении или академической темы в исследовательском учреждении, идеальный вариант, если они совмещаются;
- выполнение научно-исследовательской квалификационной работы на уровне аспирантуры в учебных заведениях или на научно-исследовательских лабораториях академических институтов.

Модели, разрабатываемые «учениками» на этих уровнях образования бывают достаточно сложными и функциональными и чаще всего имеют научную значимость и практическую ориентированность.

Научно-исследовательская работа на уровне бакалавриата является квалификационной. Здесь чаще всего разработчик демонстрирует компетентность в области разработки информационных систем, в частности имитационных моделей. В выпускной работе представляется анализ предметной области, проект имитационной модели, реализация имитационной модели в выбранной среде моделирования и некоторые результаты машинных экспериментов.

Магистерская работа, хотя и является квалификационной, может проводиться с элементами начальных научных изысканий. В этих целях происходит модификация имитационной модели, разработанной на уровне бакалавриата согласно актуальности исследования, практической значимости, на уровне проектирования и разработки модели и адекватности разработанной имитационной модели реальной системе или разрабатывается новая имитационная программная установка для новой темы исследования, соответственно проходят все этапы имитационного исследования, в котором представлена достаточная компетентность по разработке имитационных моделей. После тестирования и отладки разработанной имитационной установки проводятся научно-исследовательские работы согласно стратегическому и тактическому планированию машинных экспериментов, а результаты обработки представляются в виде научных публикаций на разных уровнях (семинарах, конференциях, в журнальных статьях). На этой ступени подготовки кадров идет формирование компетенций «ученика» как научного исследователя.

Характерная особенность научно-исследовательского моделирования заключается в том, что разработчик является исполнителем, а заказчиком выступает учебное заведение или академический институт, в рамках которого выполняется государственная или академическая тема исследования. Разработчику представляется достаточная свобода в выборе средств моделирования и направления исследований. Он разрабатывает модели по своему усмотрению в избранных им средах моделирования, проводит выполнение работ по моделированию, оценивает результаты этих работ и представляет результаты исследований научной общественности.

Научно-исследовательская работа в полном объеме реализуется на ступени аспирантуры. Длительность обучения в аспирантуре составляет по новым стандартам 4 года. За это время обучаемый разрабатывает класс имитационных моделей, на которых проводятся полномасштабные научные исследования, решаются актуальные научные и производственные задачи в выбранной области исследования.

Условием научности и диссертательности проводимых исследований в области имитационного моделирования является присутствие научной аналитической составляющей, которая представляется в виде класса аналитических моделей, являющиеся базой имитационной модели или предельными случаями, которые могут подтвердить результаты имитационных исследований[26]. Иначе имитационные модели будут представлять технологическую цепочку работ в рамках решения производственных задач и перехода на уровень профессионального производственного моделирования.

Уровень *профессионального моделирования* предполагает наличие заказчика, который с большим пристрастием относится к результатам моделирования, так как платит за это моделирование деньги в рамках соответствующих договорных отношений. Создание имитационной модели проводится командой разработчика, которая профессионально занимается подобными работами. С заказчиком согласовывается техническое задание на разработку и требования к имитационной модели. Успех всего имитационного проекта зависит от того, насколько модельеру удаётся оправдать ожидания заказчика в смысле полноты и точности результатов моделирования. Модели, как правило, не передаются заказчику, а просто демонстрируются в процессе презентации проекта, чаще всего с применением анимации. Основные результаты моделирования передаются заказчику в виде обычного отчёта. Проект имеет характер «разовой кампании», и после её завершения созданные модели отправляют «в архив». По подобному сценарию очень часто проходят работы по моделированию, связанные с проектными или консалтинговыми работами. Заказчик не всегда интере-

суется применённым в проекте симулятором, но тип симулятора, как правило, указывается в тексте договора.

Верхний уровень имитационного моделирования это заказное *промышленное моделирование*. Здесь задача, функциональные показатели и возможности модели, внешний интерфейс определяется заказчиком. Промышленное моделирование предполагает обязательную передачу модели заказчику с расчётом на её систематическое применение, т.е. имитационные промышленные модели сдаются «под ключ». При промышленном моделировании сценарии передачи модели заказчику может быть проведено поэтапно:

1. На первом этапе имитационное исследование, при котором предусматривается передача заказчику только результатов имитационных экспериментов; заказчик при этом может вообще не знать, с помощью какого симулятора проводилось моделирование.

2. На втором этапе заказчику передаётся готовая модель (или библиотека моделей) с расчётом на то, что заказчик будет сам в дальнейшем планировать и проводить имитационные эксперименты. На этой стадии не предусматривается возможность изменения промышленной модели. На экзешной (*.exe) модельной установке моделирование можно проводить только варьированием параметров модели и исходных данных.

3. На третьем этапе заказчику передаётся «всё в полном комплекте», т.е. «имитационное исследование», «готовая модель», симулятор и вся «техника и технология» создания определенного класса моделей; составной частью имитационного проекта является обучение заказчика, в результате которого он должен научиться работать с симулятором и создавать модели хотя бы для определенного класса систем (иногда – на базе специально созданной для этих целей библиотеки модулей).

Промышленные модели чаще всего являются моделями, параллельно встроенными в производственный процесс. Модель запускается оператором (планировщиком, аналитиком и т.п.) по мере необходимости в ручную, т.е. в режиме *offline*. Возможно также применение моделей в контуре оперативного управления объектами, когда запуск модели производится автоматически в режиме *online*.

Учебное моделирование проводится на лабораторных занятиях по дисциплине «Моделирование процессов и систем» или «Имитационное моделирование», здесь происходит освоение технологий разработки компьютерных моделей.

В данной главе для разработки учебных моделей в расширенном редакторе GPSS World мы использовали решения ряда классических задач, изложенных в

учебных пособиях по GPSS [14, 19, 23-24, 36, 50, 51]. Мы взяли постановку этих задач и привели технологии решения (построения имитационных моделей) в расширенном редакторе GPSS World в целях учебного моделирования. Выполнив ряд лабораторных работ, можно освоить технологии учебного моделирования в расширенном редакторе. Лабораторные работы предполагают пошаговое выполнение заданий, которые, в конечном счете, приводят к разработке имитационной модели в расширенном редакторе GPSS World.

Модернизация этих учебных моделей и проведение исследований на них являются инновационными шагами для студентов в освоении методологий дискретно-событийного моделирования в расширенном редакторе-студии GPSS и могут быть отнесены к учебно-исследовательскому моделированию.

2.2. Моделирование работы автозаправочной станции

Постановка задачи[24]. Допустим, нам надо промоделировать работу автомобильной заправочной станции (АЗС), которая имеет две заправочные колонки. Известны следующие параметры работы АЗС:

- поток автомобилей, поступающих на заправку, подчиняется экспоненциальному распределению вероятностей с параметрами $\lambda = 0$ и $\beta = 6,5$;
- время заправки на первой колонке составляет $10 \pm 2,5$ мин, а на второй – 13 ± 4 мин;
- автомобиль подъезжает к колонке, которая не занята обслуживанием другого автомобиля.

Требуется промоделировать работу АЗС в течение рабочей смены – 8 ч – и определить параметры функционирования АЗС:

- коэффициент загрузки каждой колонки;
- среднее время обслуживания в каждой колонке;
- максимальное, среднее и текущее число автомобилей в очереди к каждой колонке;
- среднее время нахождения автомобиля в каждой очереди и др.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и справке по универсальному редактору форм.

Создание имитационной модели процесса

Шаг 1. Открываем Расширенный редактор GPSS World. Открываем библиотеку проектов в окне «Модели». Курсор мыши устанавливаем на раздел «Текущие проекты», и с помощью правой части мыши открываем меню, где идем на пункт: Создать проект

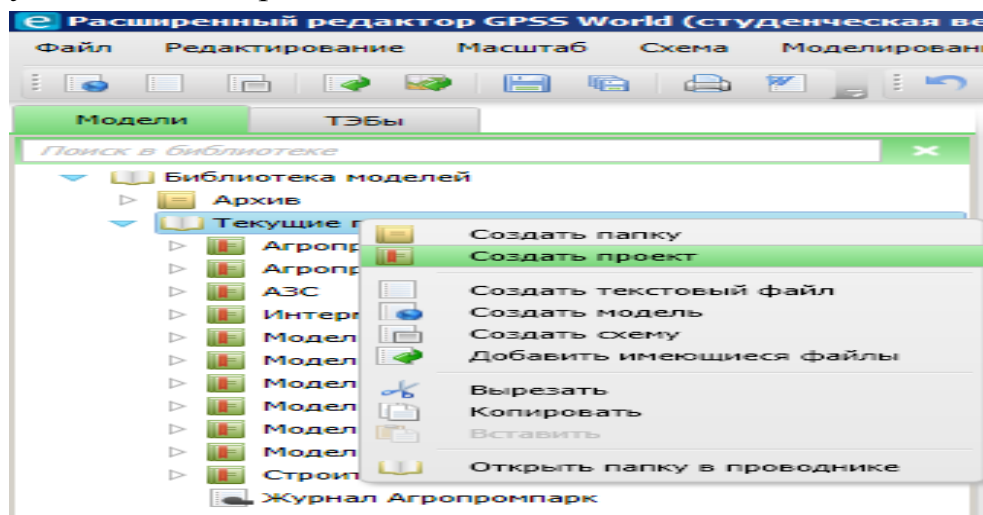


Рис.2.1. Создание проекта

Вводим название проекта



Рис.2.2. Название проекта

Шаг 2. После которой создается текущий проект «Заправка», с подразделами «Моделирование» и «Формы». На разделе «Моделирование» с помощью правой клавиши мыши идем на пункт «Создать схему»

Шаг 3. Открываем папку «Моделирование», где будет находиться созданная нами схема «Заправка». Откроем эту схему двойным нажатием мыши, тогда в правой части расширенного редактора, в рабочей области, появится редактор схем в виде файла «Заправка» с расширением *.gsx.

В этом окне (редакторе схем) можно строить блоки программы на GPSS в виде схем. Для этого можно с помощью меню «Схема» или с помощью правой клавиши мыши открыть меню редактирования схем.

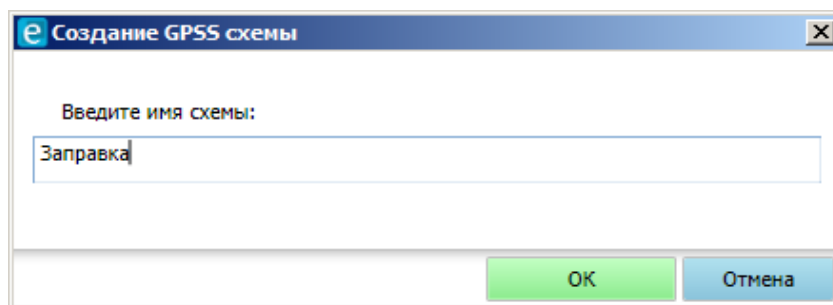
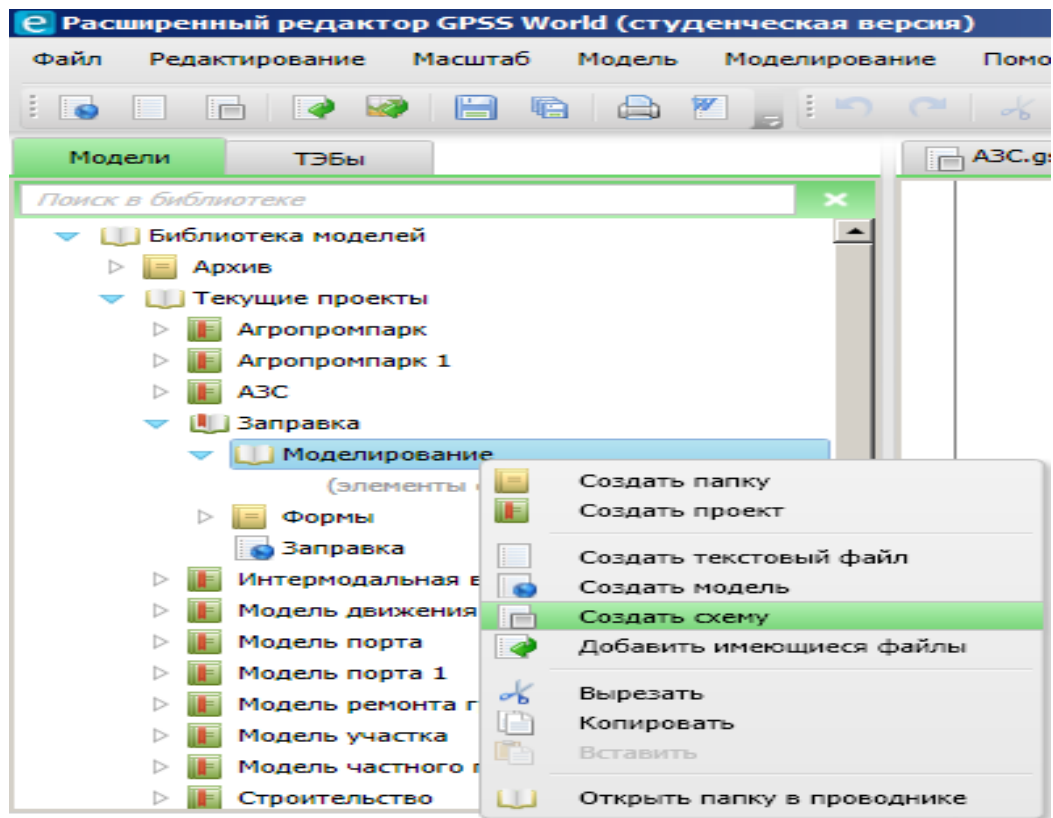


Рис.2.3. Создание схемы

АЗС состоит из двух колонок, поэтому алгоритм заправки автомобилей для нашей задачи представляется следующим образом, автомобили подъезжают на заправку, если колонки заняты, автомобиль встает в очередь, при освобождении одной из колонок подъезжает к колонке и заправляется, после заправки уезжает из автозаправочной станции.

Схема АЗС при таком алгоритме состоит из блока задержки (накопителя), 2 блоков заправки (колонок) и конца заправки (выезда).

Шаг 4. Построим схему заправки по данному алгоритму. Для этого выберем в библиотеке ТЭБов «Блок задержки», которая соответствует поступлению автомобилей в накопитель. Добавляем этот ТЭБ, открываем свойства двойным щелчком и выставим определенные для данного ТЭБа свойства.

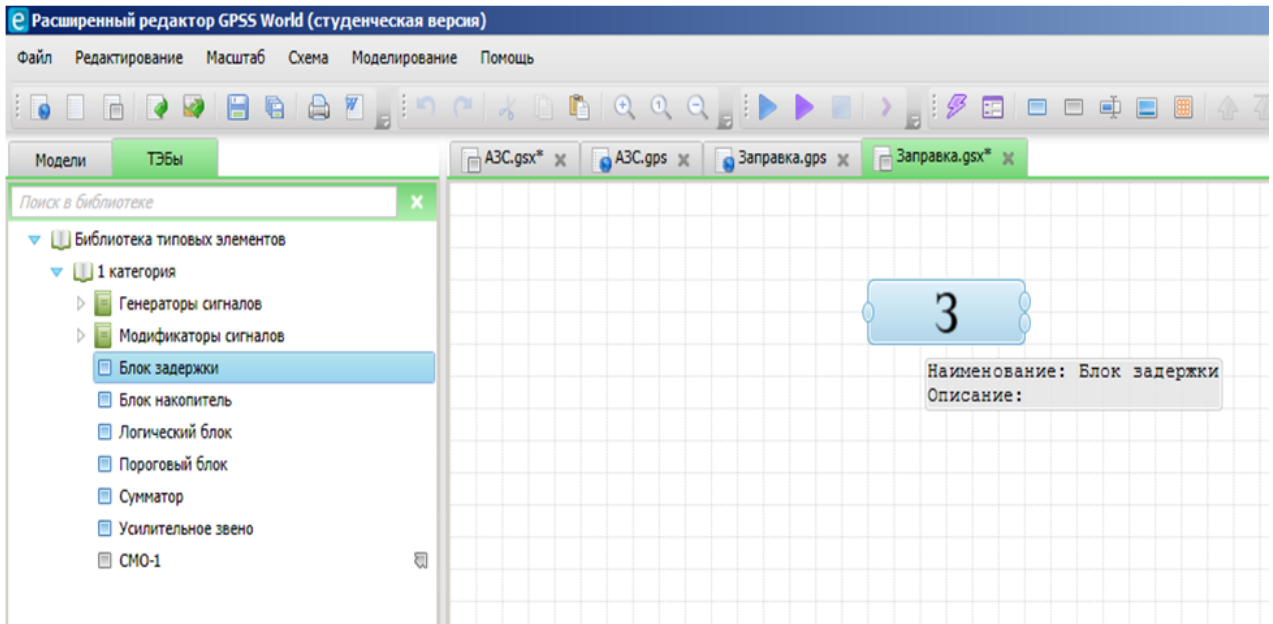


Рис.2.4. Создание ТЭБа «Поступление автомобилей на заправку»

Изменим наименование ТЭБа с «Задержки» на «Поступление автомобилей на заправку».

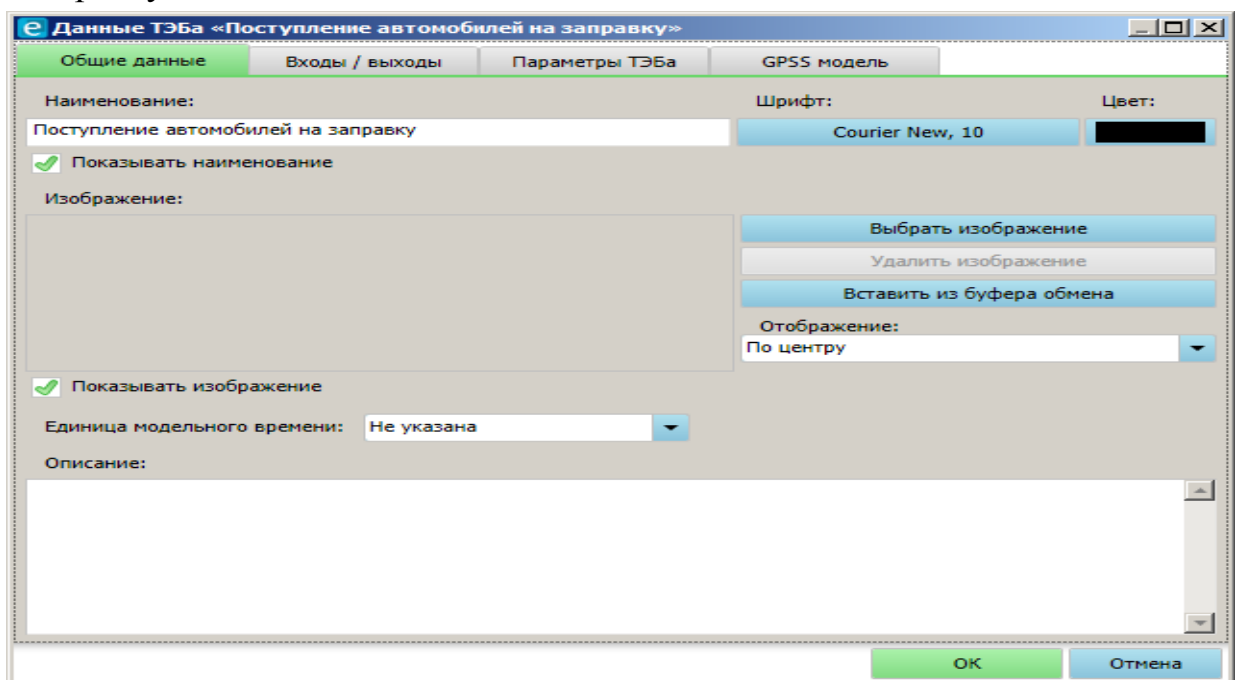


Рис.2.5. Определение наименования и данных

Зададим ориентацию входа и выхода для блока. В нашем случае «Сверху вниз». Создадим GPSS –модель для данного блока. Генерацию поступления автомобилей – транзактов промоделируем в виде экспоненциального закона, опишем накопитель и маршрутизатор с вариантом «Both».

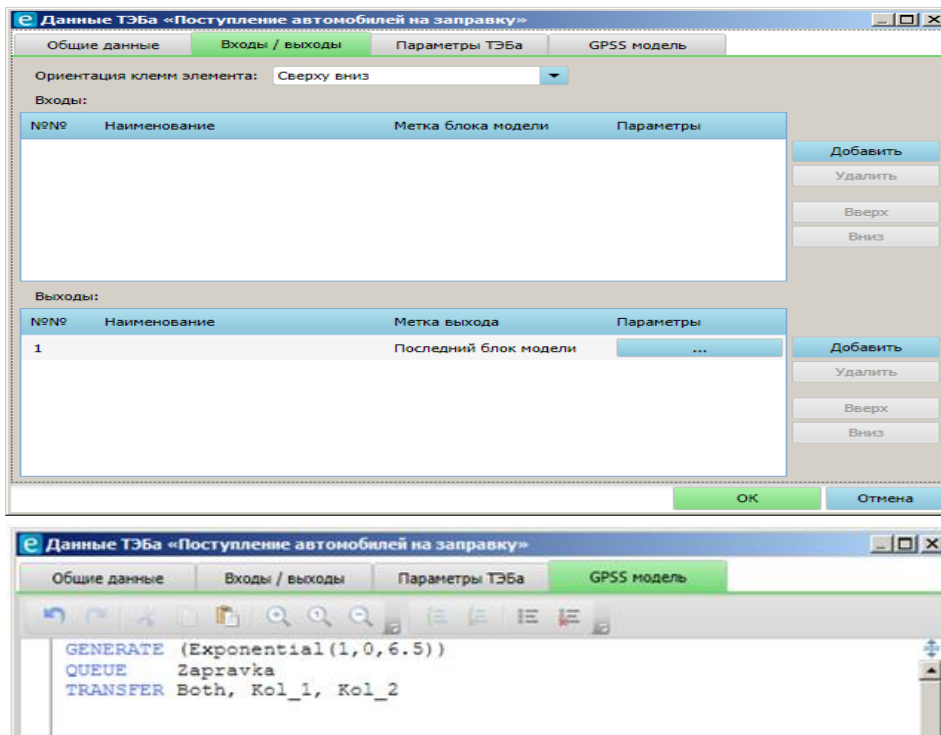


Рис.2.6. Определение входов/выходов и создание GPSS модели

Шаг 5. Создадим ТЭБ для первой колонки с соответствующими свойствами по алгоритму «Наименование – Вход-выход – GPSS-модель», аналогично предыдущему шагу.

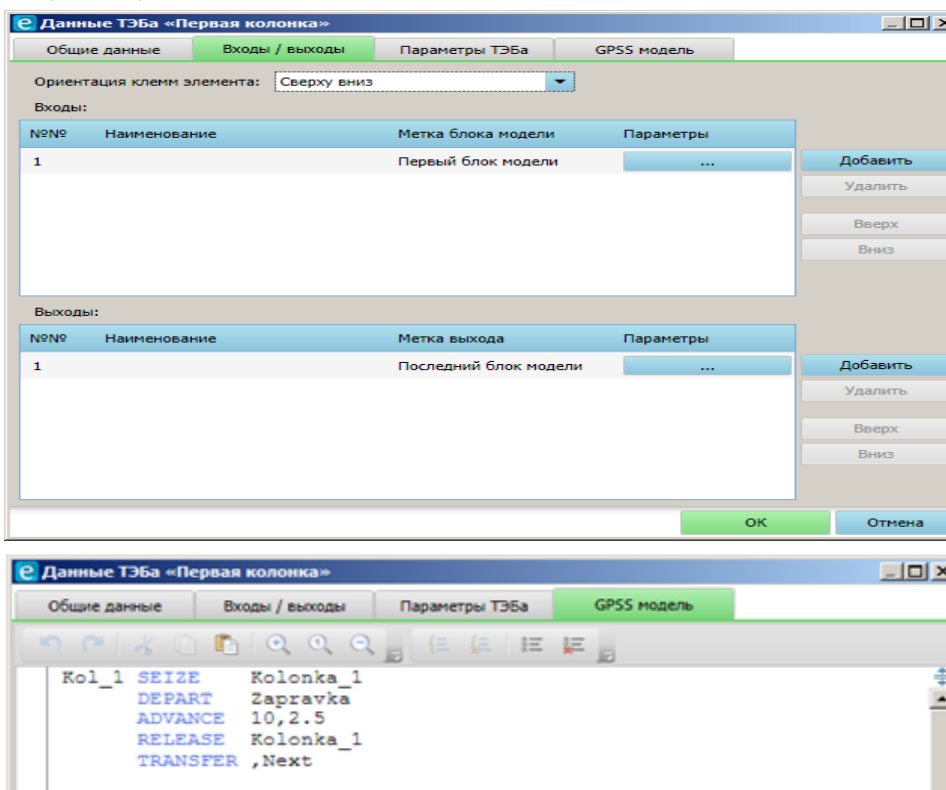


Рис.2.7. Определение входов/выходов и создание GPSS модели

Шаг 6. Создадим ТЭБ для второй колонки с соответствующими свойствами по алгоритму «*Наименование – Вход-выход – GPSS-модель*», аналогично предыдущему шагу.

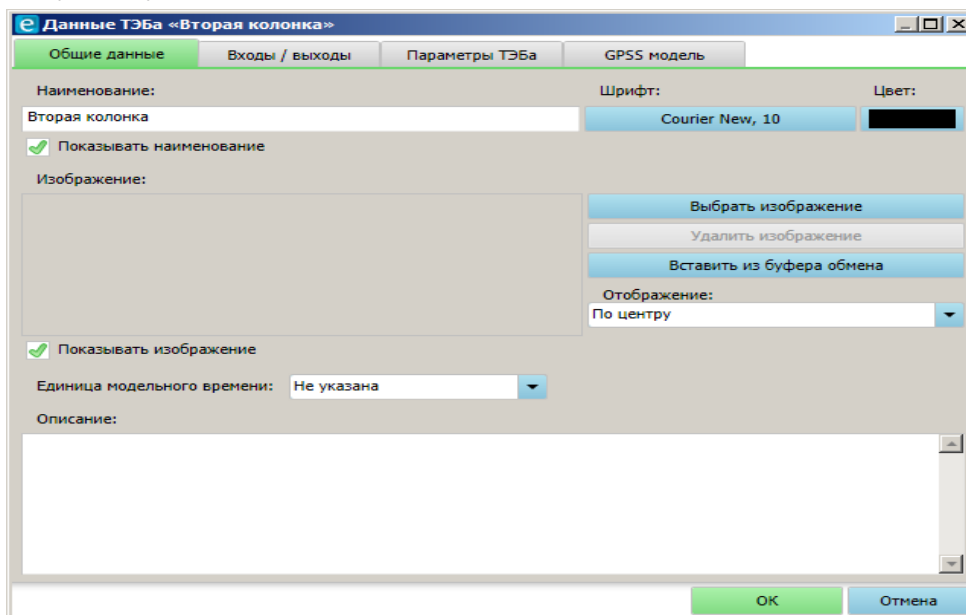


Рис.2.8. Создание ТЭБа «Вторая колонка»

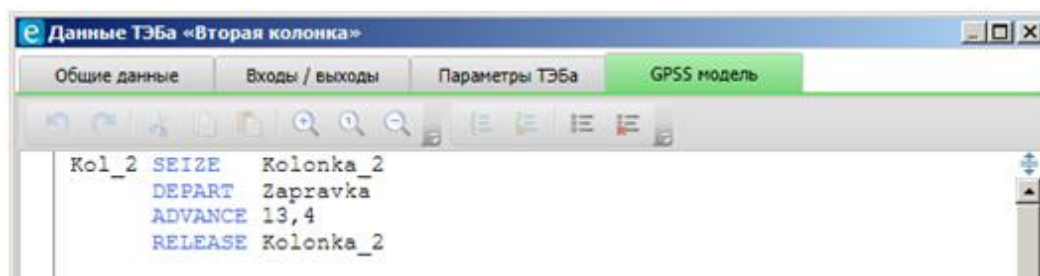
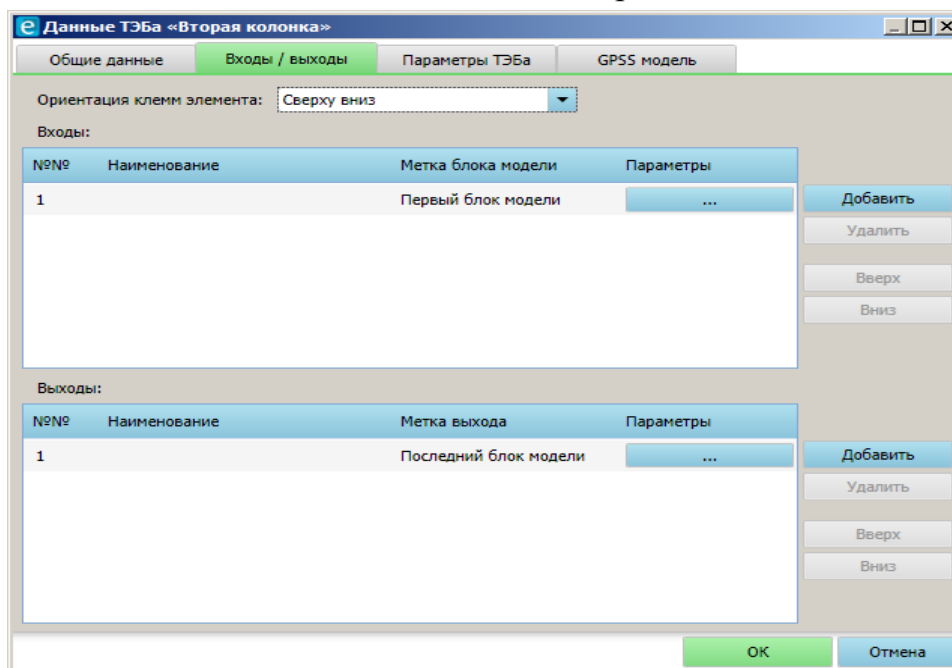


Рис.2.9. Определение входов/выходов и создание GPSS модели

Шаг 7. Создадим ТЭБ «Конец» со следующими свойствами, аналогично предыдущим шагам.

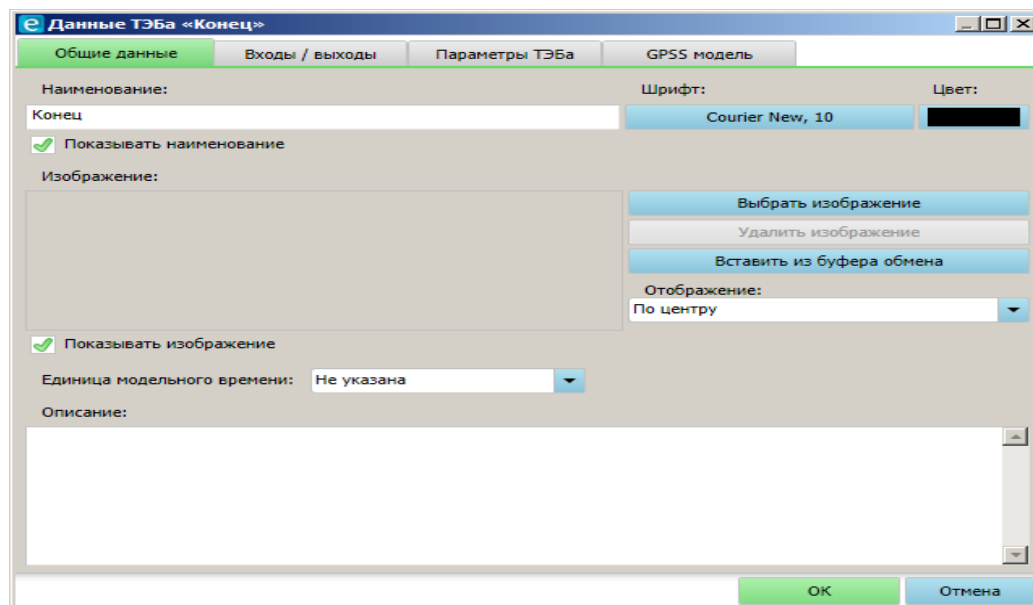


Рис.2.10. Создание ТЭБа «Конец»

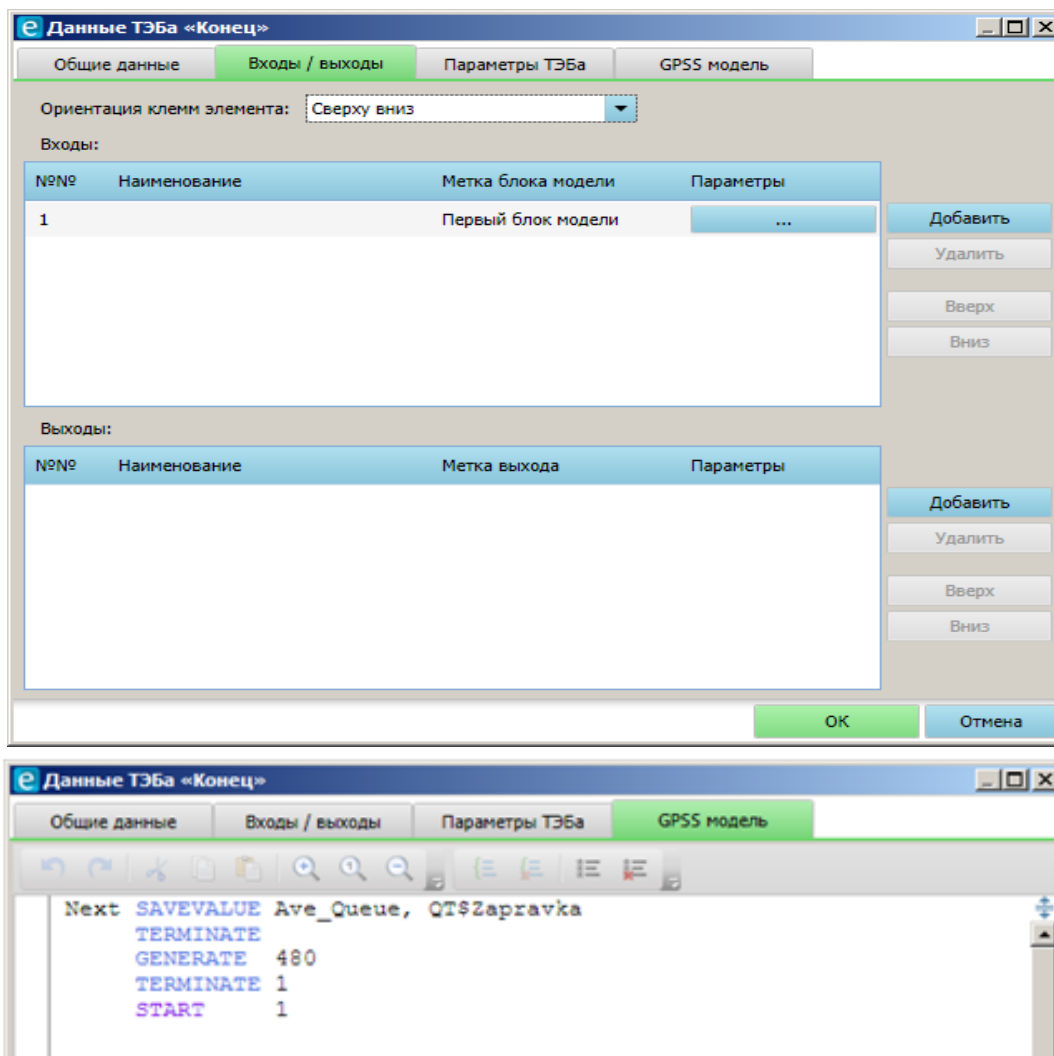


Рис.2.11. Определение входов/выходов и создание GPSS модели

Шаг 8. Соединим ТЭБы, как показано на рисунке, с помощью правой клавиши мыши.

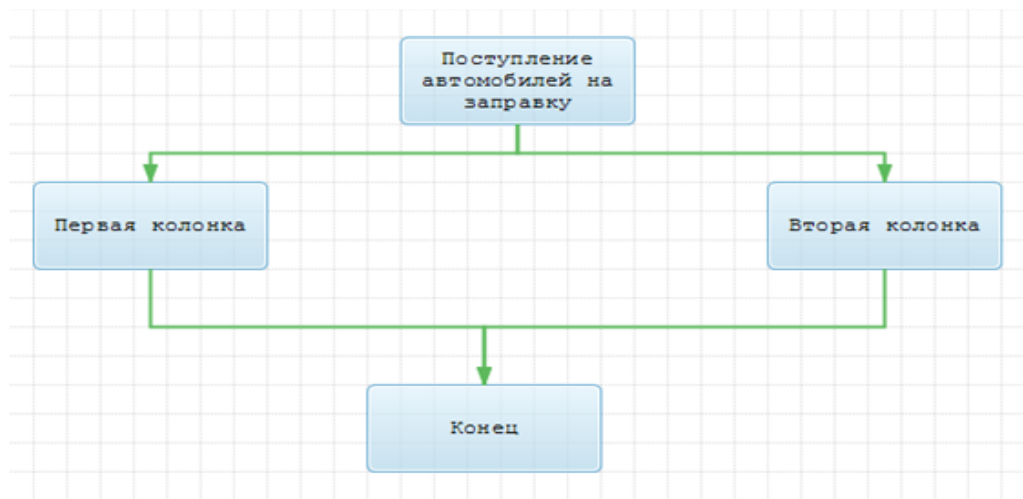


Рис.2.12. Создание схемы проекта

Таким образом, мы получаем полную схему заправки автомобилей на АЗС.

Шаг 9. Прежде чем начать моделирование в расширенном редакторе, убедитесь, что на вашем компьютере установлена студенческая версия GPSS World. Его можно скачать на сайте производителя.

Шаг 10. Для создания полной GPSS-модели АЗС, нажмем кнопку «Начать моделирование» или F5. Если нет ошибок трансляции, то получим полный отчет о GPSS-модели «Заправка». Если имеется ошибка, то при моделировании в «Журнале Заправка» система выведет информацию об ошибке - блок и строку ошибки.

Метка	Позиция блока	Тип блока	Кол-во тран. вошедших в блок	Кол-во тран. в блоке в конце моделирования	Кол-во тран. ожидающих выполнения спец. услуги
	1	GENERATE	83	0	0
	2	QUEUE	83	0	0
	3	TRANSFER	83	5	0
	4	SPLIT	0	0	0
	5	TRANSFER	0	0	0
KOL_1	6	SEIZE	45	0	0
	7	DEPART	45	0	0
	8	ADVANCE	45	1	0
	9	RELEASE	44	0	0

Рис.2.13. Стандартный отчет полной GPSS-модели «Заправка»

Шаг 11. Для вывода результатов в расширенном редакторе предусмотрен редактор форм выдачи результатов. Это отдельный модуль, при установке расширенного редактора на рабочем столе появляется ярлык расширенного редактора и редактора форм. Запустим редактор форм, вид интерфейса представлен на рисунке. Выберем «Новую форму», в котором мы укажем путь к GPSS-модели «Заправка», разработанную в расширенном редакторе

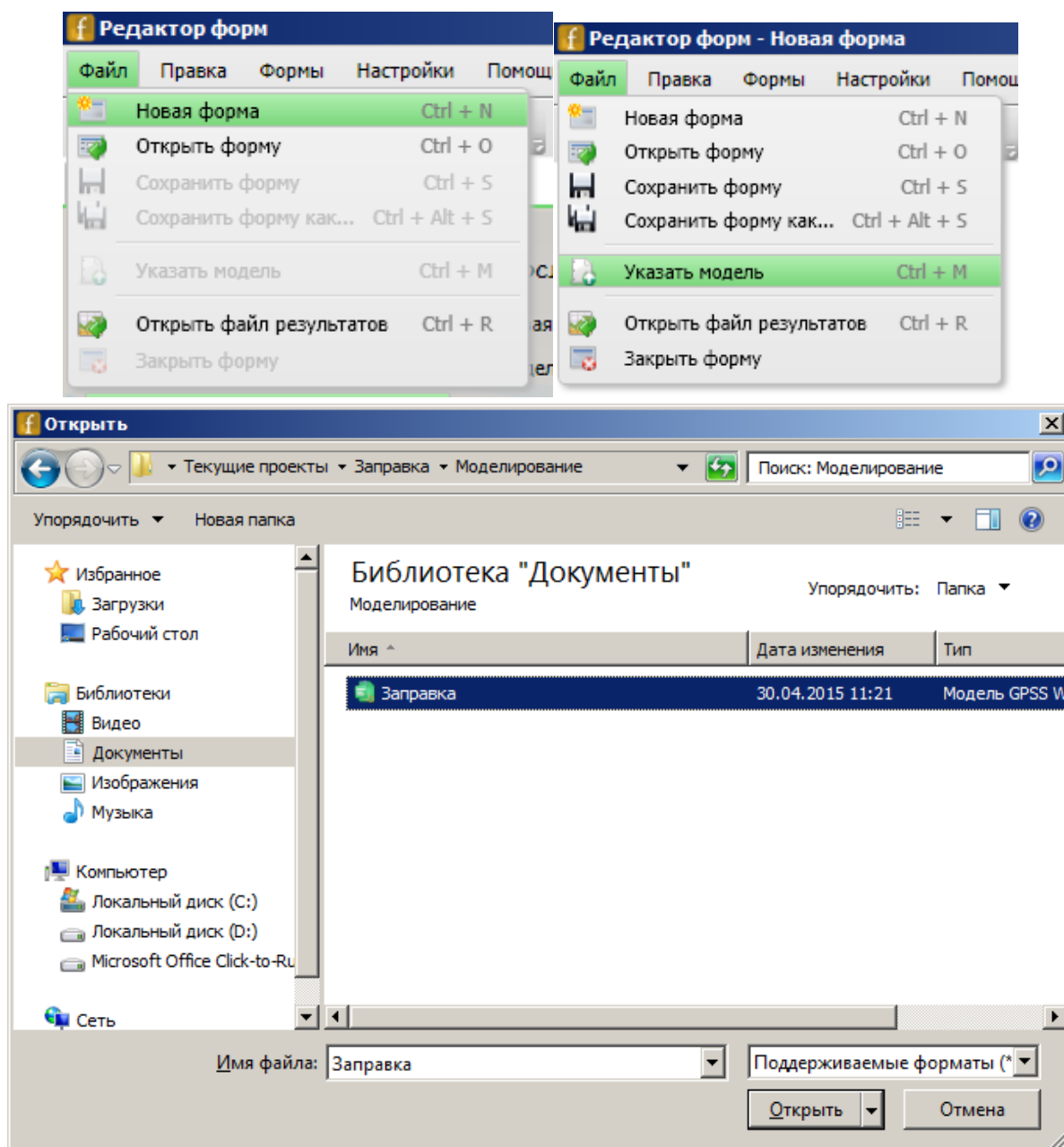


Рис. 2.14. Настройка редактора форм для модели «Заправка»

Шаг 12. При открытии редактора форм, необходимо установить настройку модели. Это пункты: название модели, единица модельного времени, дата и время начала моделирования, период моделирования.

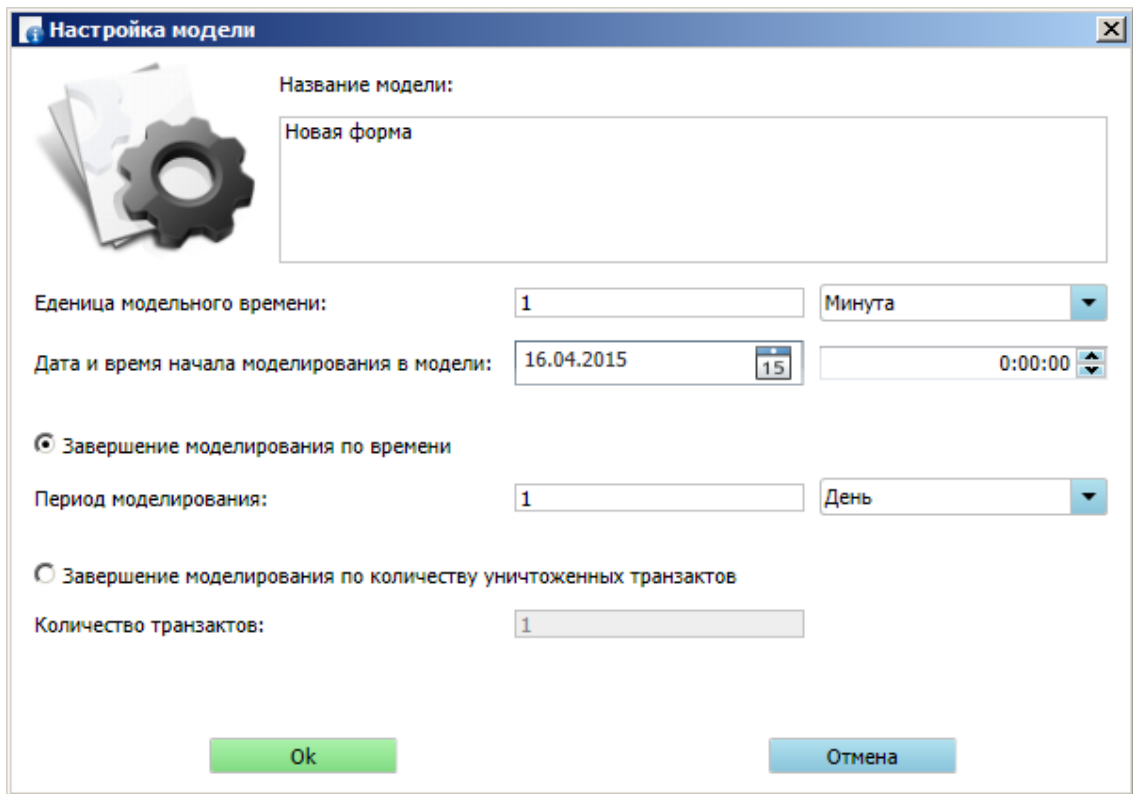


Рис. 2.15. Настройка модели

Далее в меню «Формы» выбрать подменю «Настройка мониторинга» и установить соответствующие показатели для формирования результатов в виде графиков.

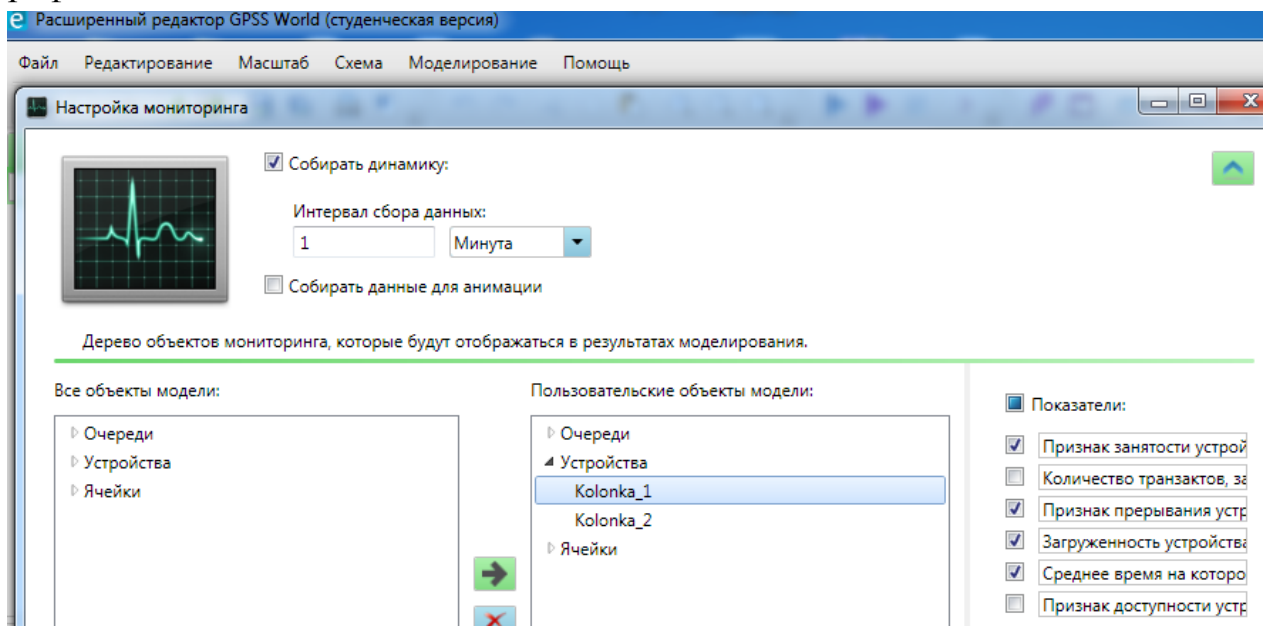


Рис. 2.16. Настройка мониторинга

Шаг 13. Настройка ввода данных. Для осуществления комфортности процесса исследования и изменения входных характеристик имитационной модели в редакторе форм необходимо оформить окно ввода данных.

В редакторе форм через меню *Форма – Ввод данных* оформляем окно ввода данных. Анализ задачи показывает, что входными параметрами являются:

- Поступление автомобилей на заправку согласно некоторой функции распределения, в данном случае экспоненциальной;
- Время заправки на первой колонке, в зависимости от запрашиваемых литров горючего, она случайная величина и подчиняется равномерной функции распределения;
- Время заправки на второй колонке, в зависимости от запрашиваемых литров горючего, она также случайная величина и подчиняется равномерной функции распределения;
- Время работы смены.

В окне ввода данных надписи сделаны через пиктограмму **A**. Окно ввода параметров «Секция ввода» осуществляется простым перетаскиванием мышью «операнда A» из оператора GENERATE в рабочее поле окна ввода (показано стрелкой) для поступления автомобилей на заправку (см. рис.2.17). Аналогично создается «Секция ввода» времена заправки первой и второй колонки, т.е. перетаскиванием «операнда A» и «операнда B» оператора ADVANCE первой и второй колонки соответственно. Аналогично строим «Секцию ввода» для времени работы смены автозаправки.

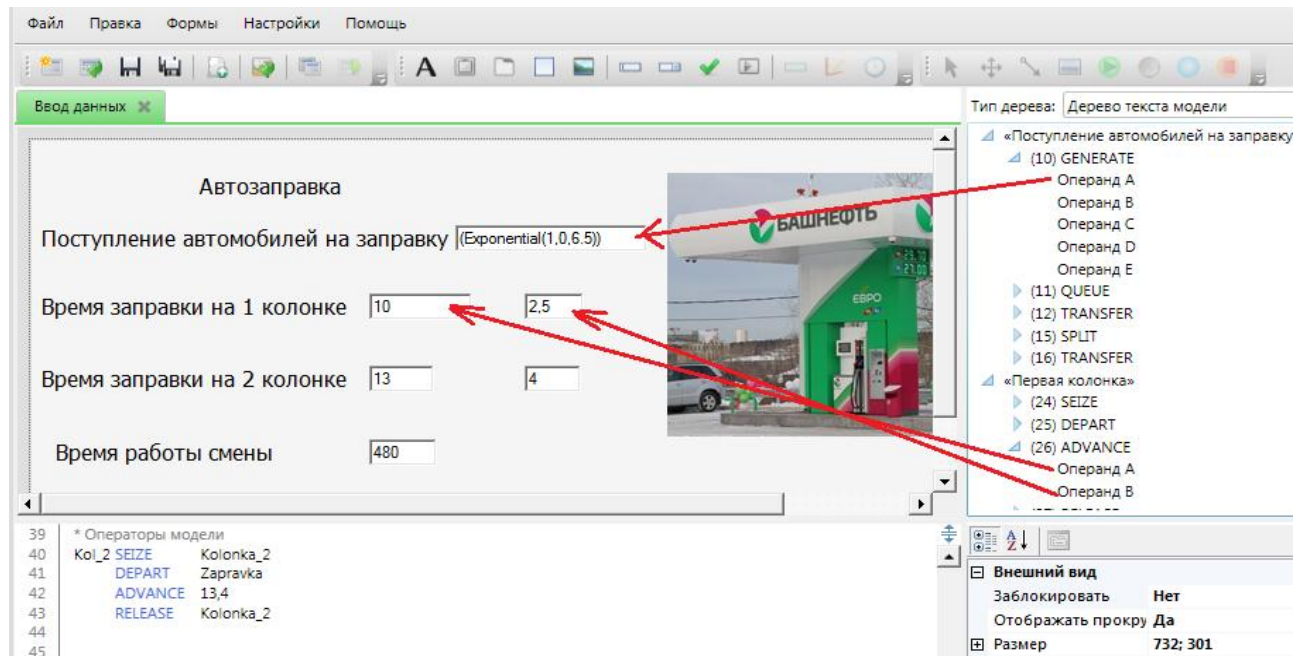


Рис. 2.17. Окно ввода входных параметров модели

Шаг 14. Разработка пользовательского интерфейса слежения за ходом эксперимента. В редакторе форм через меню *Форма – Динамика хода эксперимента* оформляем окно «Динамика хода эксперимента». Здесь нас интересуют следующие характеристики:

- Общее количество входов машин в очередь на заправку;
- Среднее время, проводимое машинами в очереди;
- Загруженность первой колонки;
- Загруженность второй колонки.

Надписи прописываются через пиктограмму **A** (рис. 2.18). Окно вывода параметров в «Общего количества входов в очередь» осуществляется простым перетаскиванием мышью. Аналогично создаются и другие окна вывода.

Для построения графического хода эксперимента используется пиктограмма «График». Наполнение осуществляется по образцу, представленной в справке по универсальному редактору форм. Вывод ряда графика проводится с помощью нажатия мышью в свойствах на ряды «Коллекция», правой нижней кнопки. В окне «Ряды» заполняются динамические ряды, выбирается вид графика, и подписываются названия ряда на графике путем перетаскивания мышью характеристик из «Дерева объектов для мониторинга» (рис. 2.19).

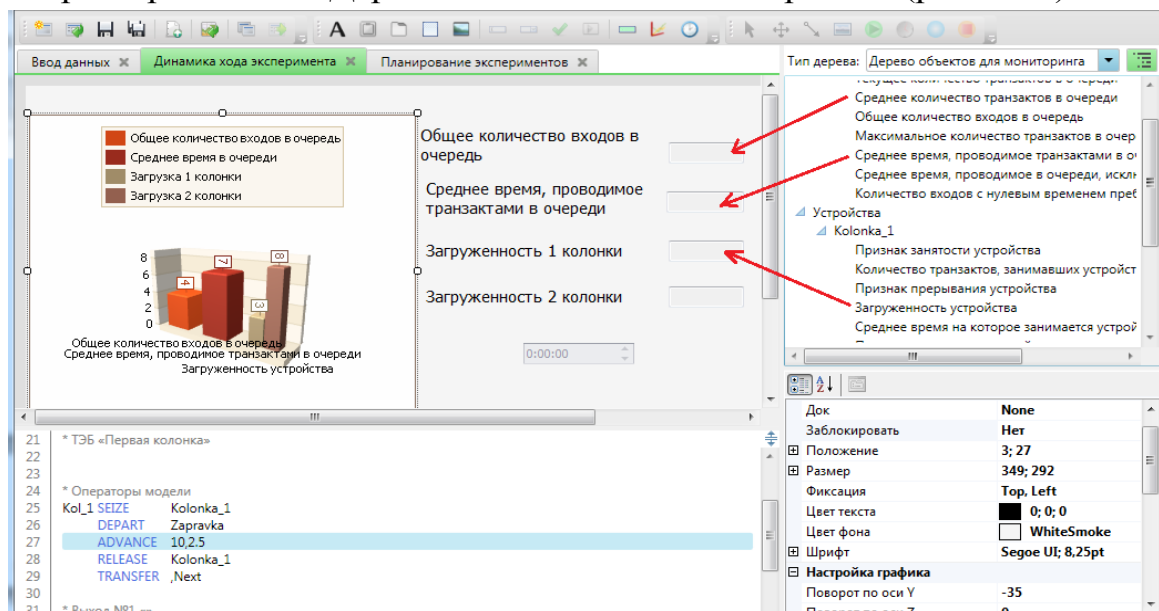


Рис.2.18. Построение интерфейса динамики хода эксперимента

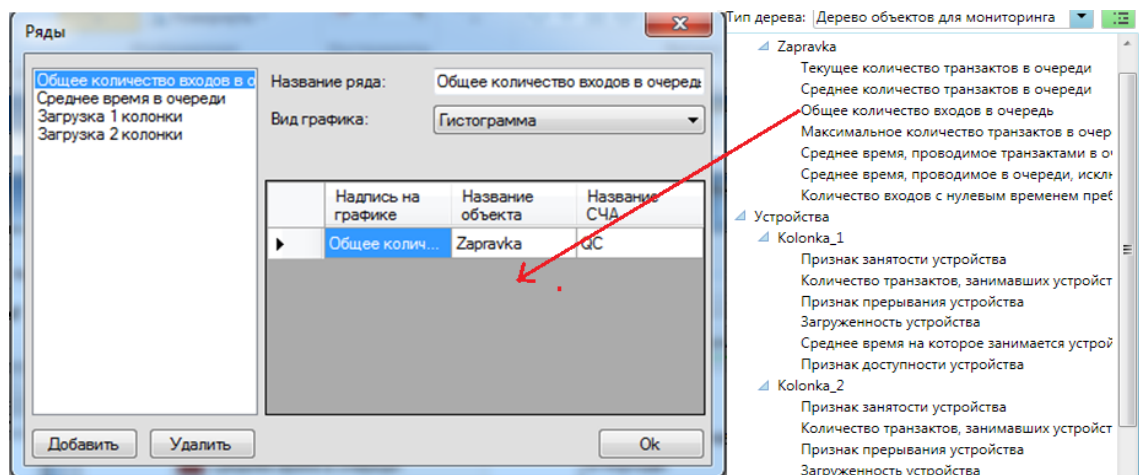


Рис.2.19. Формирование ряда и надписей

Шаг 15. Планирование экспериментов. Для планирования экспериментов входим в редактор форм *Форма - Планирование эксперимента* и начинаем заполнение таблицы с *Целевых показателей*, для этого откроем *Дерево объектов для мониторинга*, расположенного в правом верхнем углу. Перетаскиваем мышью характеристики, динамику которых мы хотим изучить (рис.2.20). Далее заполняем таблицу *Факторы*, из типа дерева: *Дерево текста модели*, затем таблицу *Плана эксперимента*.

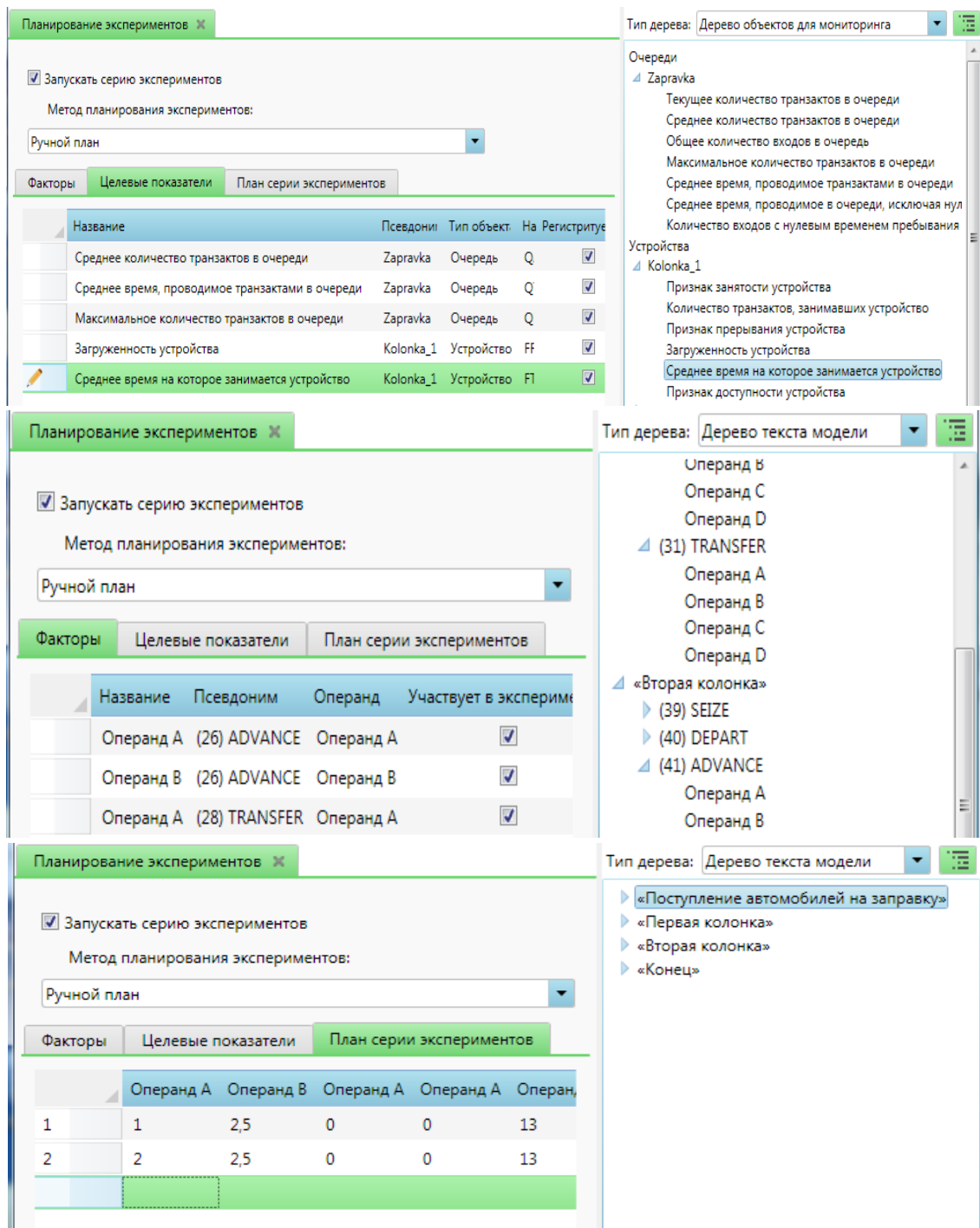


Рис.2.20. Планирование эксперимента

Шаг 16. Проведение машинного эксперимента. Для проведения эксперимента необходимо зайти в меню «Формы» -> затем подменю «Проверить форму», в результате откроется окно пользовательского интерфейса моделирования и формирования результатов. В результате проведенных работ построена компьютерная имитационная установка, на котором можно проводить моделирование и получать различные динамические характеристики. Ниже на рисунках представлены результаты моделирования в виде графиков.

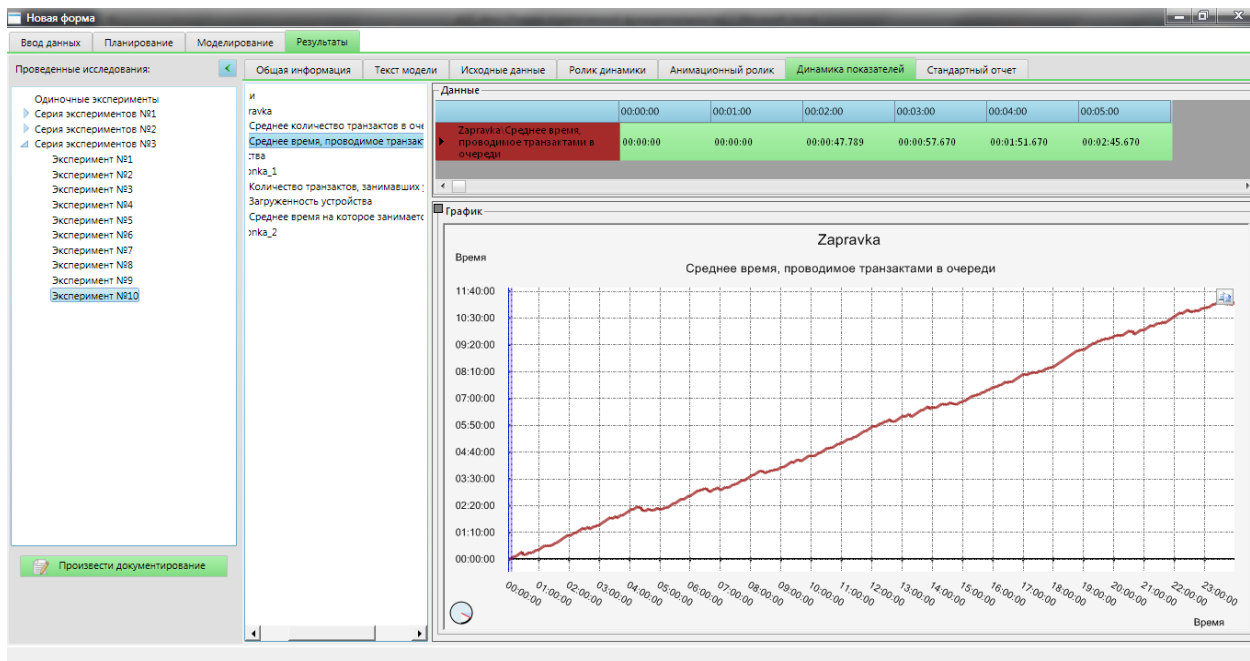
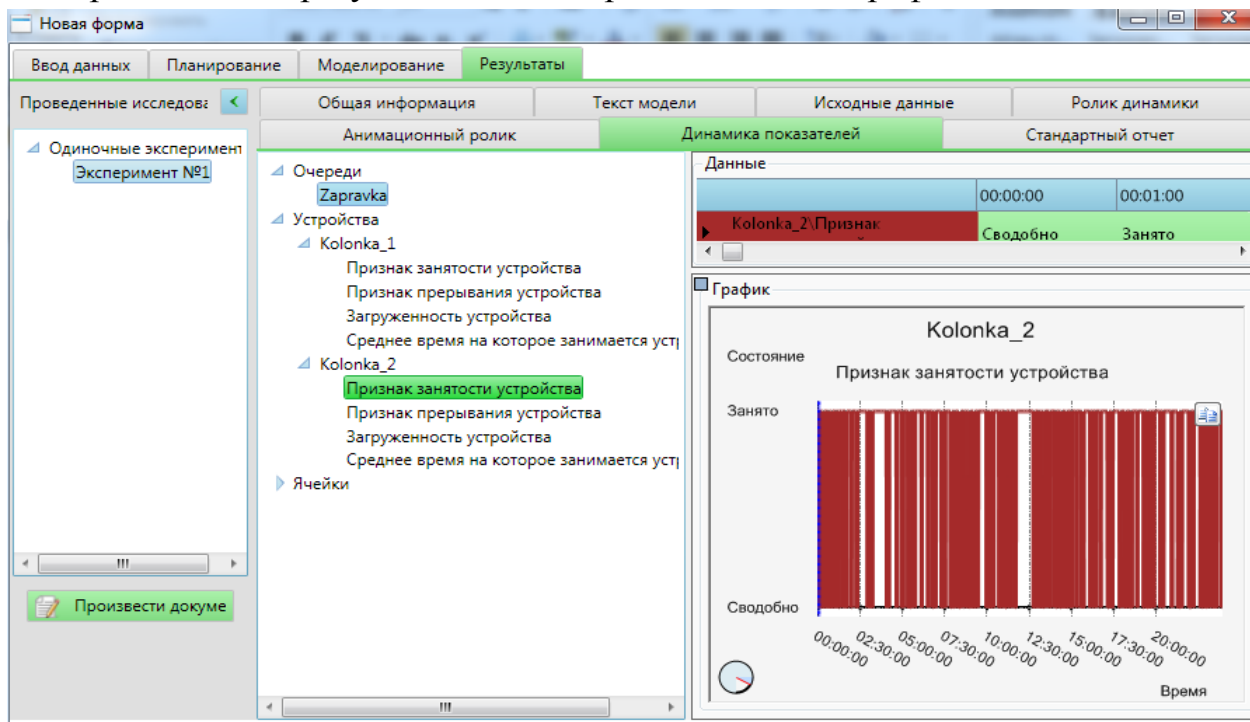


Рис. 2.21. Результаты моделирования

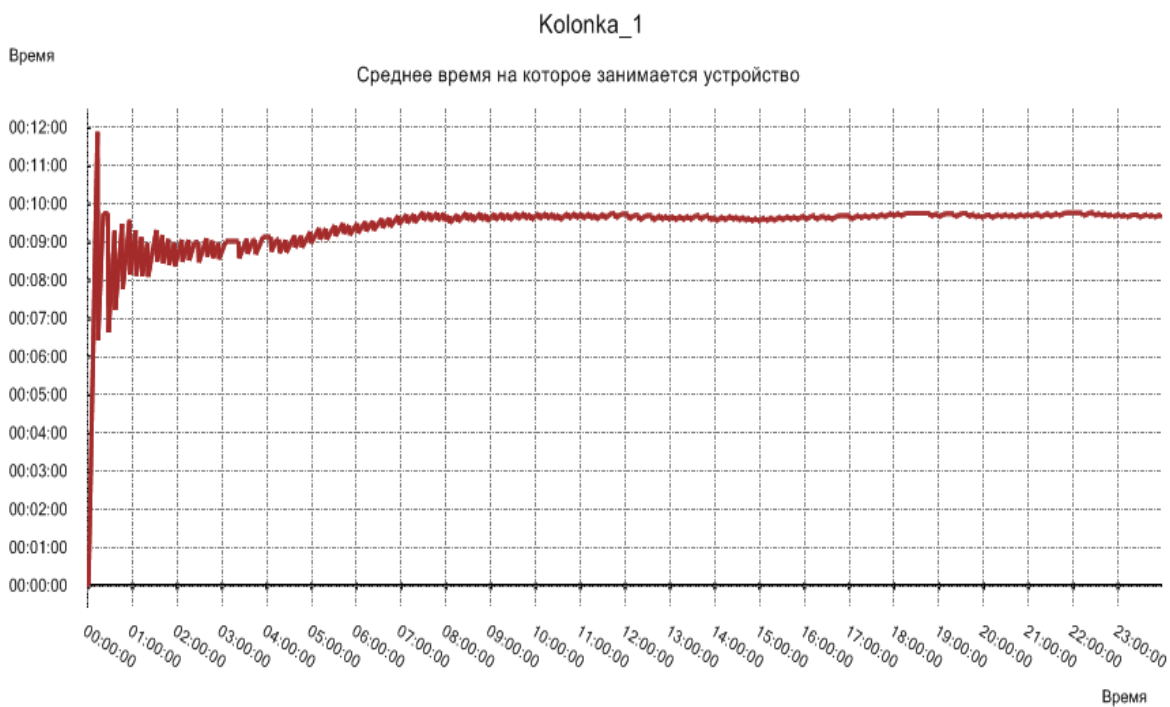
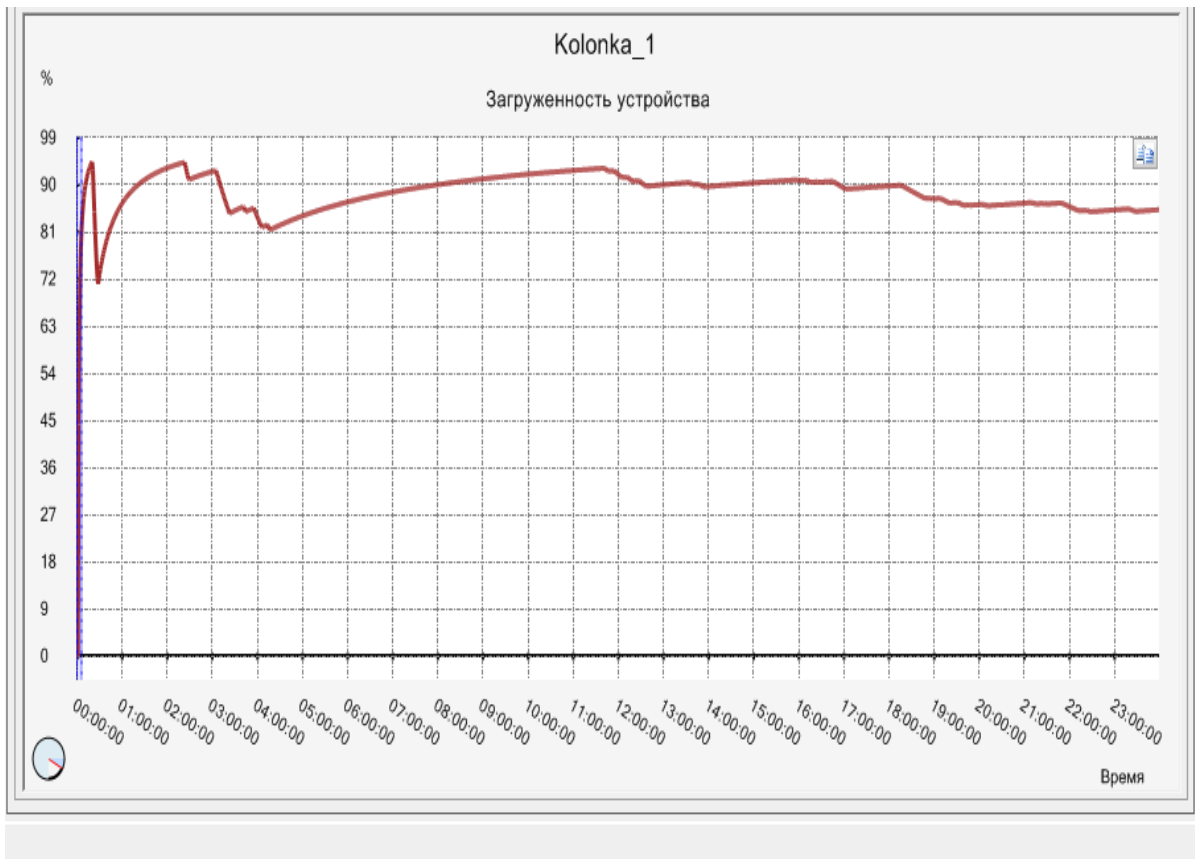


Рис. 2.22. Результаты моделирования (продолжение)

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной разработки проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Автозаправка» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты.

Задания на исследование:

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания с учетом анализа и планирования экспериментов.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы.
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

2.3. Моделирование работы производственного участка цеха

Постановка задачи [24]. Необходимо промоделировать работу участка цеха, состоящего из трех видов оборудования, обслуживающих два потока изделий, известны интервалы времени между поступлениями изделий каждого типа на обработку. Они соответственно равны 42 ± 5 и 20 ± 5 мин с равномерным законом распределения. Известно время изготовления изделия каждого потока на каждом виде оборудования. Время изготовления изделия первого потока на первом виде оборудования составляет 17 ± 2 мин, на втором – 32 ± 4 и на третьем – 22 ± 3 мин. Время изготовления изделия второго потока на первом виде оборудования составляет 19 ± 3 мин, на втором – 27 ± 5 и на третьем – 27 ± 5 мин. Продолжительность изготовления изделий на всех видах оборудования определяется равномерным законом распределения.

Задачи моделирования

- промоделировать работу участка цеха в течение рабочего дня (8 ч) при двухсменном режиме;
- определить среднюю загрузку каждого вида оборудования, среднее время обработки изделий каждого типа, длину очередей перед каждым видом оборудования, размер склада, необходимый для данного потока изделий;
- предложить способы модификации участка цеха с целью повышения эффективности его работы.

Основные особенности. Для моделирования заданного производственного процесса необходимо сформировать два входных потока изделий и временной

интервал моделирования всего производственного процесса. Но перед этим необходимо выбрать единицу измерения времени. Для данного производственного процесса можно взять в качестве единицы измерения минуту.

Для решения нашей задачи потребуется создать три сегмента модели для моделирования:

- поток изделий первого типа;
- поток изделий второго типа;
- время изготовления изделий в течение рабочего дня (8 ч) при двухсменном режиме.

Поскольку мы выбрали в качестве единицы измерения времени минуту, время моделирования процесса составит $8 \times 60 \times 2 = 960$ мин.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и изложенной в справке по универсальному редактору форм.

Создание имитационной установки для моделирования производственного участка

Шаг 1.Открываем Расширенный редактор GPSS World. Открываем библиотеку проектов в окне «Модели». Курсор мыши устанавливаем на раздел «Текущие проекты», и с помощью правой части мыши открываем меню, где идем на пункт: Создать проект. После открытия введем название проекта.

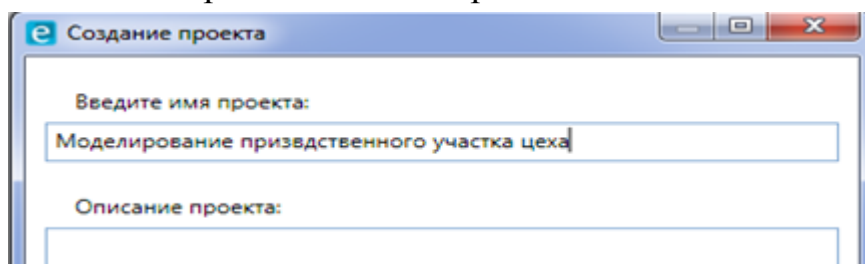


Рис 2.23. Создание проекта

Шаг 2.После которой создается текущий проект «Моделирование производственного участка цеха», с подразделами «Моделирование» и «Формы». На разделе «Моделирование» с помощью правой клавиши мыши идем на пункт «Создать схему».

Создадим GPSS схему проекта (рис.2.24).

Шаг 3. Проектирование графической схемы: Анализ постановки задачи показывает, что программу работы одноканальной разомкнутой СМО можно представить в виде трех секторов (блоков). На основе этих блоков мы должны последовательно проектировать один за другим все указанные три блока в виде ТЭБов. В контекстном меню на рабочей области схемы «Модель производственного участка цеха» необходимо выбрать команду в меню или правой кнопкой мыши «Создать ТЭБ».

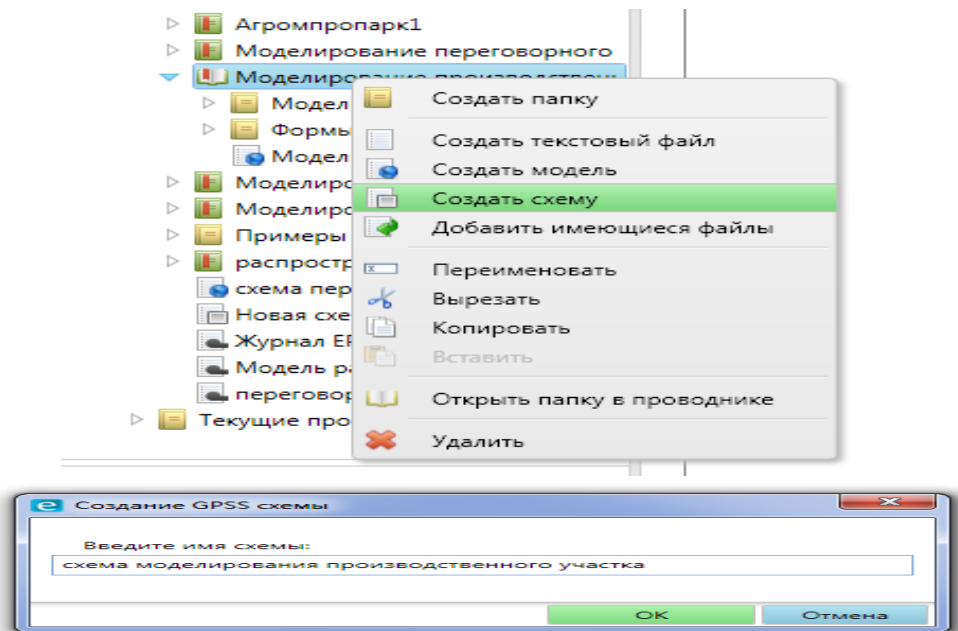


Рис 2.24. Создание схемы моделирования

Откроем созданную схему и создадим три ТЭБа, используя команды графического редактора. Заполним общие данные первого ТЭБа. Сначала назовём этот ТЭБ – «Сектор определения входных данных» или иначе «Сектор один». Переименуем все ТЭБы. Введем краткое текстовое описание ТЭБов. Результат создания ТЭБа показан на рисунке ниже. Зададим ориентацию входа и выхода для блока. В нашем случае «Сверху вниз».

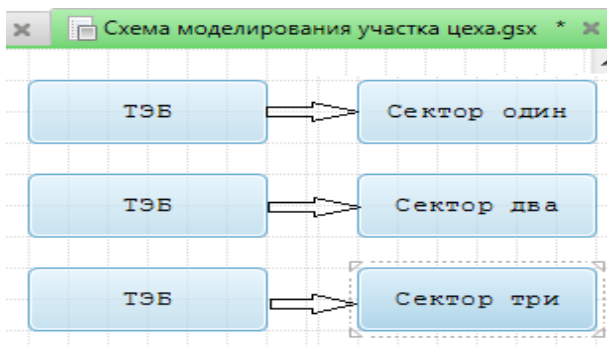


Рис.2.25

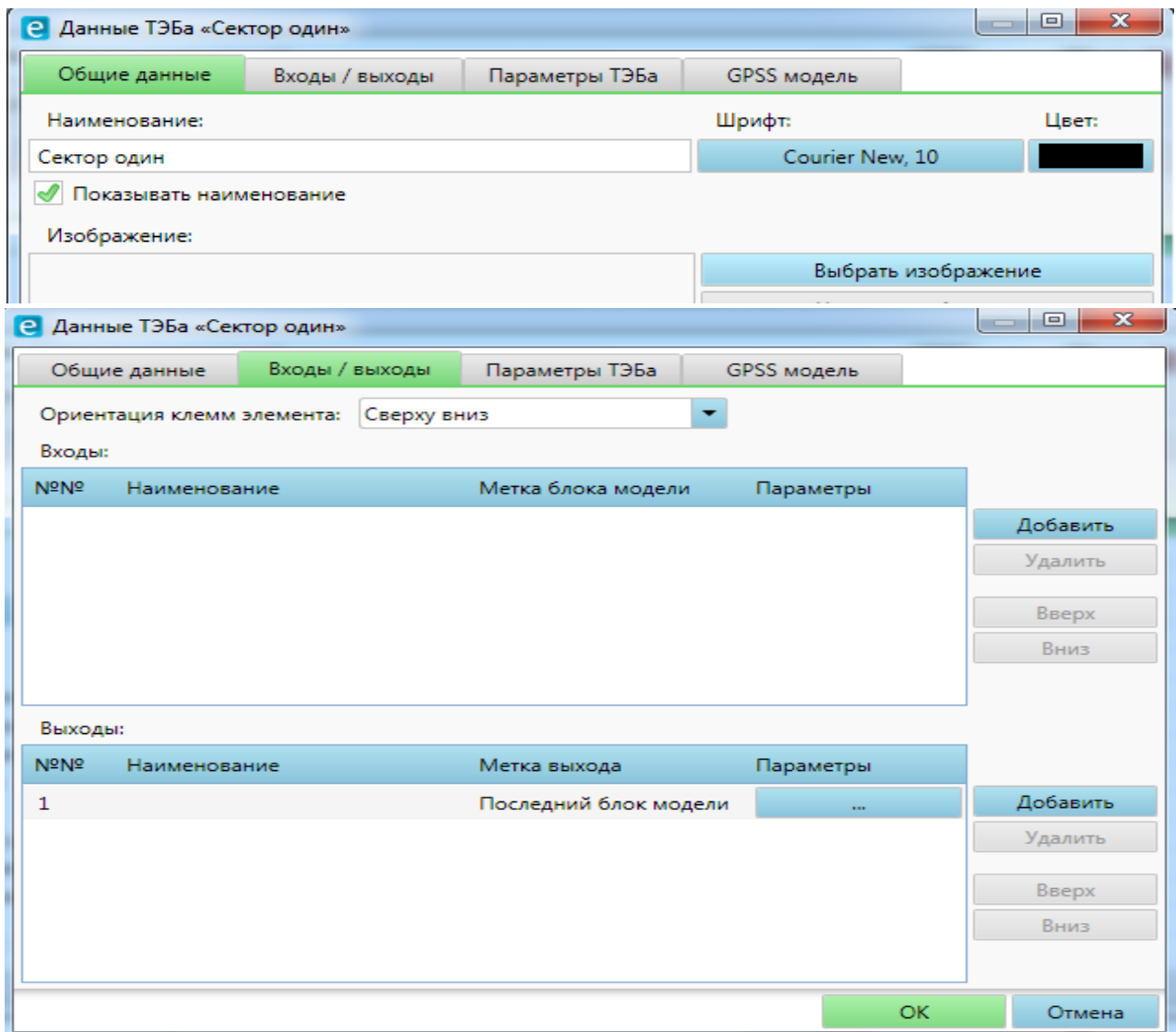


Рис.2.26. Создание ТЭБов и определение данных

Шаг 4. Создадим GPSS –модель для данного блока.

В первом секторе будем моделировать первый поток изделий (требований), поступающих на обработку. Моделирование потока изделий выполним с помощью оператора GENERATE (Генерировать). В нашем примере он будет выглядеть так:

GENERATE 42,5

В поле операнда А указывается средний интервал времени между поступлением на обработку двух идущих одно за другим изделий. В поле операнда В дано отклонение времени поступления изделия на обработку от среднего. Такая запись времени поступления изделия в систему соответствует равномерному распределению поступления изделий на обработку в замкнутом интервале [42–5] мин.

Сбор статистической информации для очереди к первому виду оборудования можно обеспечить с помощью операторов OUEUE и DEPART. Оператор OUEUE может быть записан в таком виде:

QUEUE OCHER1

В поле операнда A дается символьное или числовое имя очереди. В нашем примере указано символьное имя очереди к первому виду оборудования – OCHER1.

Требование будет находиться в очереди до тех пор, пока не поступит сообщение об освобождении объекта. Для этого используется оператор SEIZE (Занять), который определяет занятость объекта, и при его освобождении очередное требование выходит из очереди и идет в канал на обслуживание. Это может выглядеть так:

SEIZE OBOR1

В поле операнда A дается символьное или числовое имя первого вида оборудования – первого объекта. В нашем примере используется символьное имя OBOR1.

Выход требования из очереди в объект фиксируется оператором DEPART (Выйти) с соответствующим именем очереди. В нашем примере он будет выглядеть так:

DEPART OCHER1

Далее должно быть промоделировано время обработки изделия первого потока на первом виде оборудования. Это время в нашем примере составляет 17 ± 2 мин.

Для моделирования этого процесса используется оператор ADVANCE (Задержать), который в нашей задаче будет выглядеть так:

ADVANCE 17,2

После обработки на первом виде оборудования изделие первого потока переходит на обработку на второй вид оборудования. Но перед этим системе должно быть послано сообщение об освобождении первого вида оборудования – первого объекта. Это делается с помощью оператора RELEASE (Освободить), который в нашей задаче записывается так:

RELEASE OBOR1

Следует особо подчеркнуть, что парные операторы **QUEUE** и **DEPART** для каждой очереди должны иметь одно и то же, но свое уникальное имя или номер.

Это же относится и к операторам **SEIZE** и **RELEASE**.

В результате мы имеем GPSS модель ТЭБа «Сектор один» (рис.2.27)

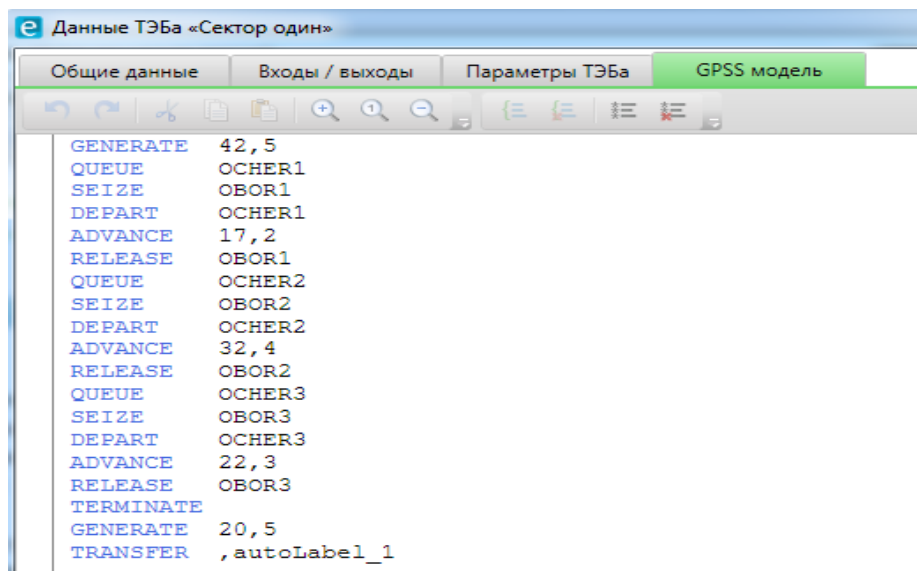


Рис. 2.27. GPSS модель ТЭБа «Сектор один»

Далее изделие поступает на обработку на второй вид оборудования.

Разработка модели обработки на втором и третьем оборудовании первого сектора цеха проводится аналогично созданию модели для первого оборудования.

Шаг 5. Создадим ТЭБ «Сектор два» для последующей обработки изделия с соответствующими свойствами по алгоритму «*Наименование – Вход-выход – GPSS-модель*» согласно условиям задачи.

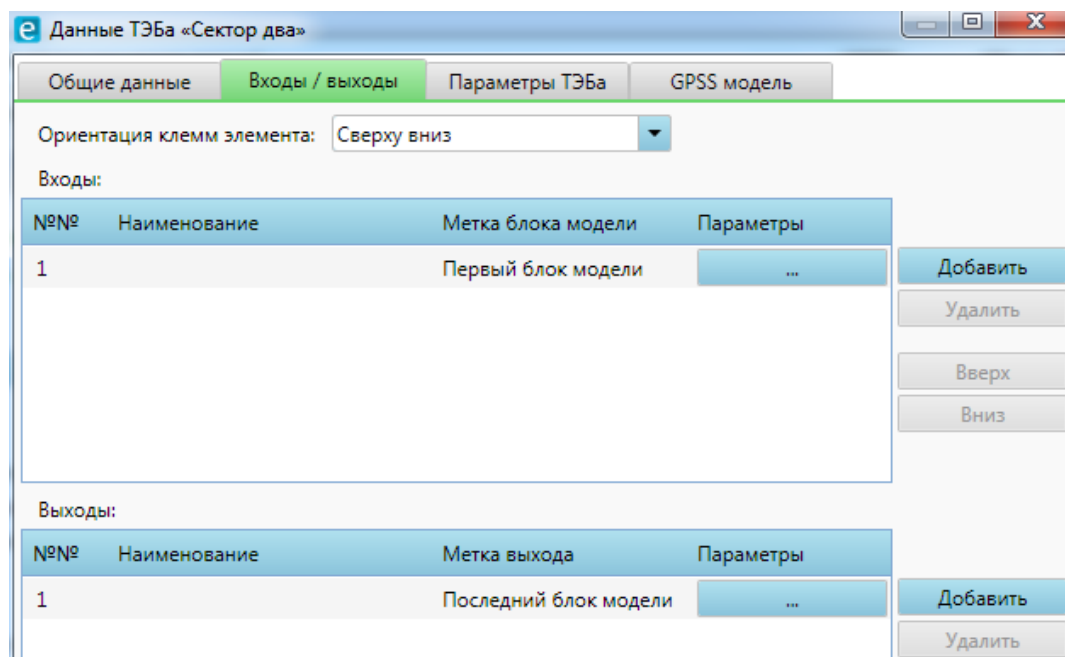


Рис.2.28.Определение входов и выходов

Это может быть промоделировано почти так же, как и для первого сектора, и выглядеть следующим образом:

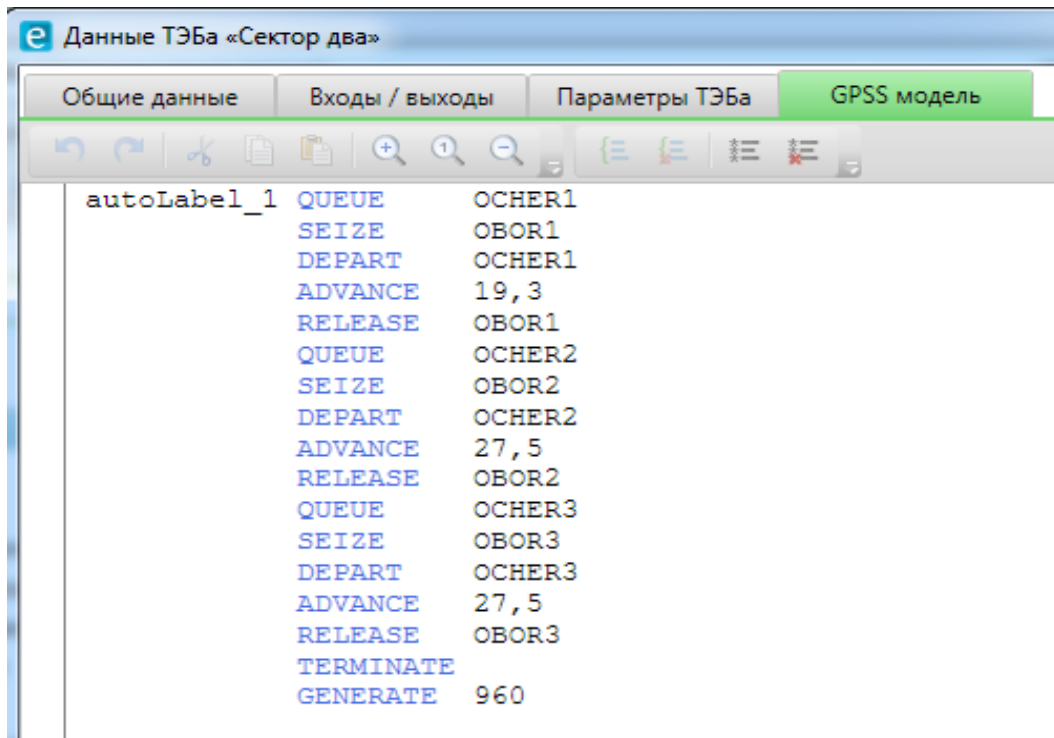


Рис. 2.29. GPSS модель ТЭБа «Сектор два»

Шаг 6. Создадим последний ТЭБ со своей логикой работы, выраженной в модели GPSS. Дополняем схему недостающими связями (соединяем входы и выходы). Для создания связи необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на выходной клемме источника и на входной клемме соединяемого ТЭБа. В результате схема примет вид

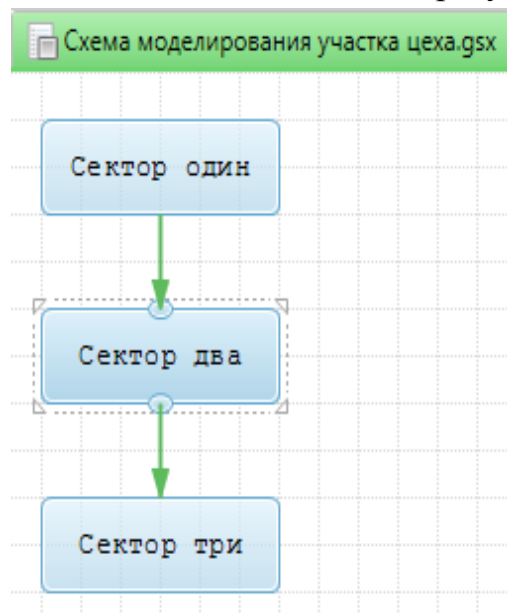


Рис 2.30. Схема проекта

Третий вид оборудования, может быть промоделировано аналогично:

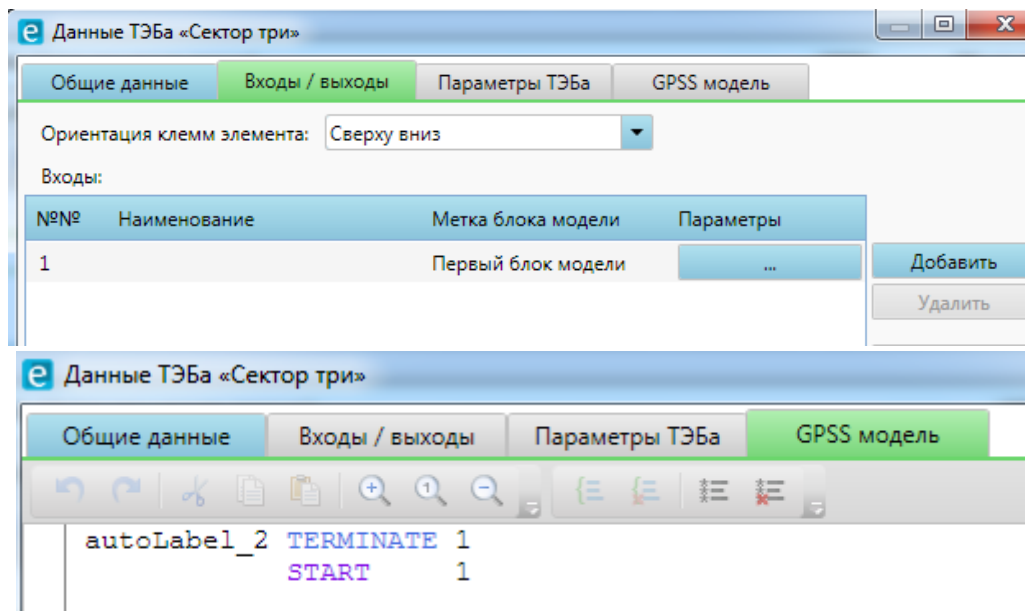


Рис 2.31. Данные ТЭБа «Сектор три»

Шаг 7. Создание модели на основе схемы и формирование отчета.

Для того чтобы создать модель на основе данной схемы, необходимо выбрать команду «Начать моделирование» из меню «Моделирование». При этом откроется окно сбора модели, после чего в панели вкладок откроется вкладка, представляющая собранную модель.

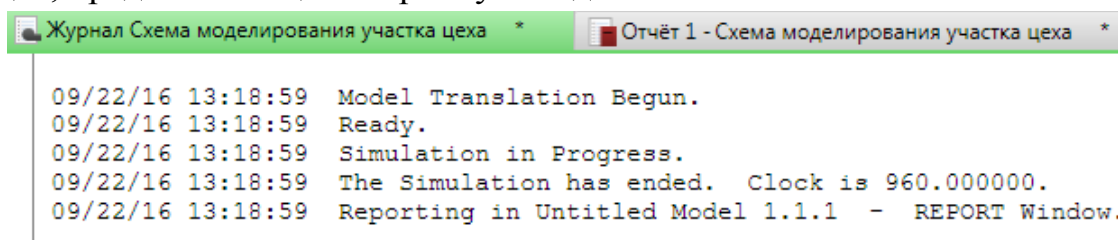


Рис 2.28. Журнал «Схема моделирования участка цеха»

По окончании моделирования отобразится отчет работы модели.

Стандартный отчёт GPSS World	Начальное время	Конечное время	Кол-во блоков	Кол-во устройств	Кол-во мн.канал. устройств
Общая информация	0	960	38	3	0
Имена					
Блоки					
Устройства					
Очереди					
Будущие события					

Рис 2.32. Стандартный отчет

Сохраните отчеты и схемы моделирования.

Шаг 8. Для вывода результатов моделирования в расширенном редакторе предусмотрен редактор форм выдачи результатов в виде графиков. Это отдель-

ный модуль, при установке расширенного редактора на рабочем столе появляется ярлык расширенного редактора и редактора форм. Запустим редактор форм, вид интерфейса которого представлен на рис.2.33.

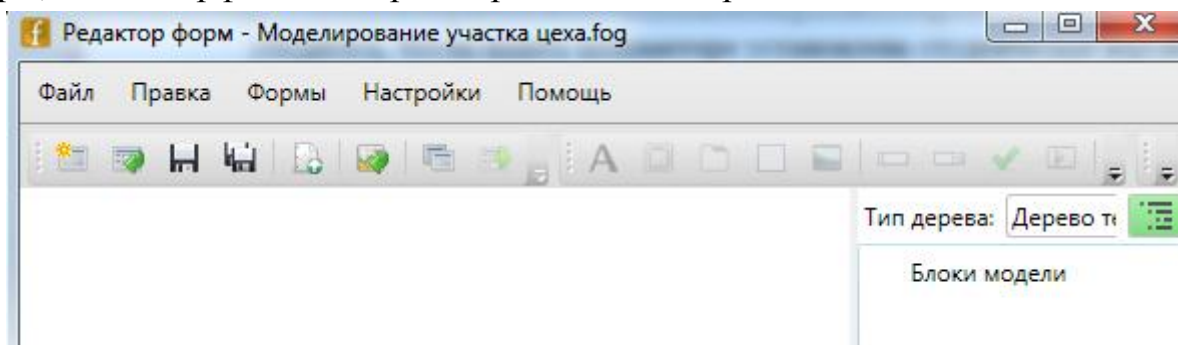


Рис.2.33. Интерфейс редактора форм

Построение графиков отдельных параметров функционирования системы в редакторе форм проводится по следующему алгоритму:

1. В редакторе форм выберите *Файл->Новая форма*.
2. *Файл->Указать модель* (формат .gps), т.е. путь к GPSS-модели «Моделирование участка цеха», разработанную в расширенном редакторе

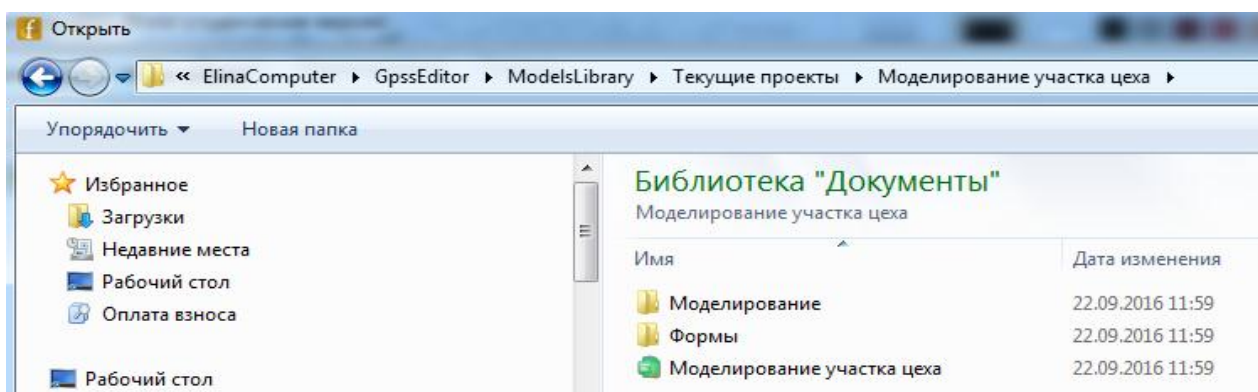


Рис 2.34. Путь к модели

3. Далее в редакторе нужно выбрать настройки модели (*Формы - >Настройка модели*), после выбора настроек нажмите ОК.

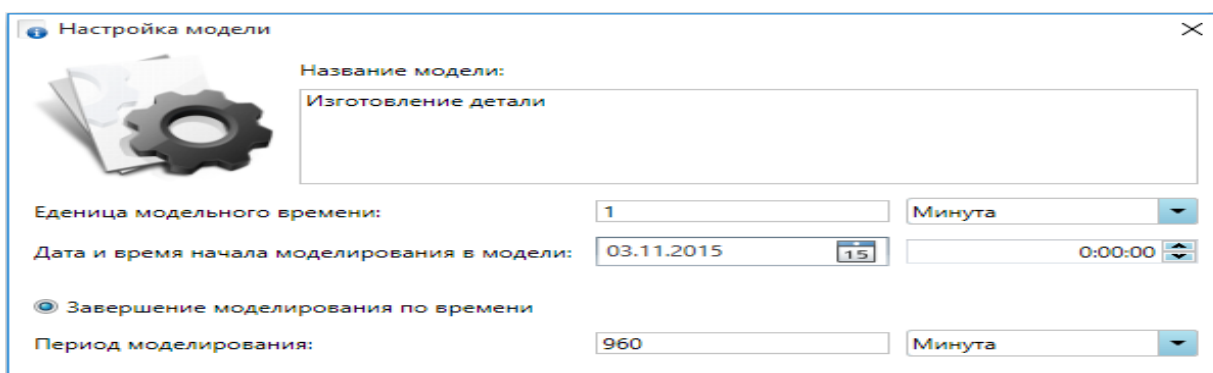


Рис.2.35 Настройка модели

4. Перейдите в настройки мониторинга (Формы -> Настройки мониторинга), и укажите следующие параметры:

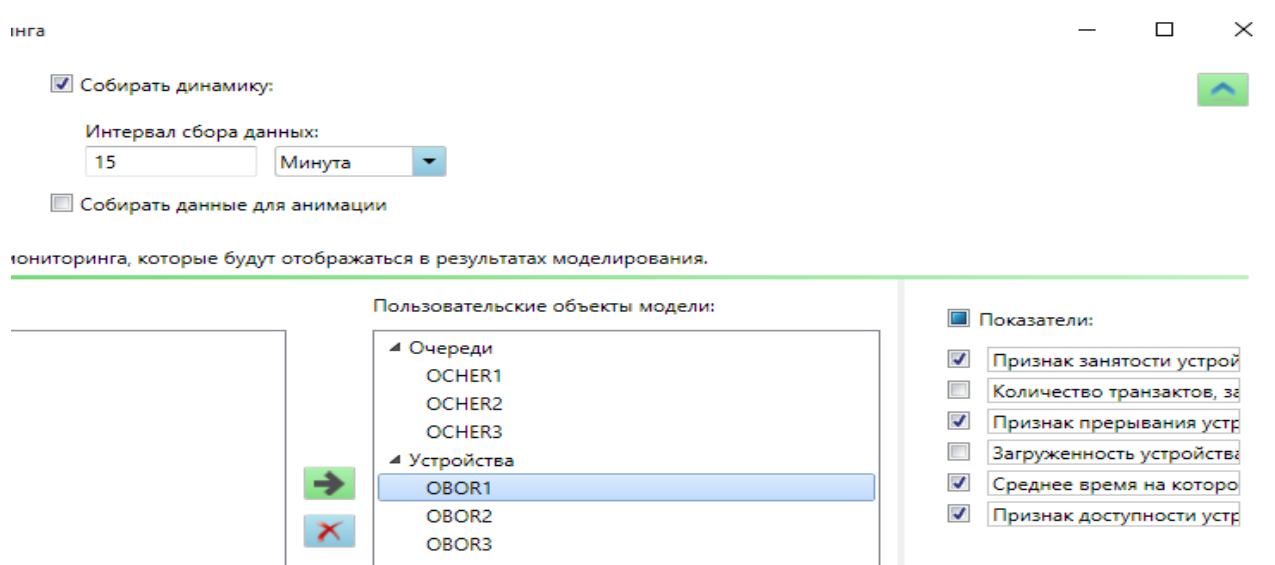


Рис 2.36. Настройка мониторинга по устройствам

Показатели для OBOR1, OBOR2, OBOR3 одинаковы.

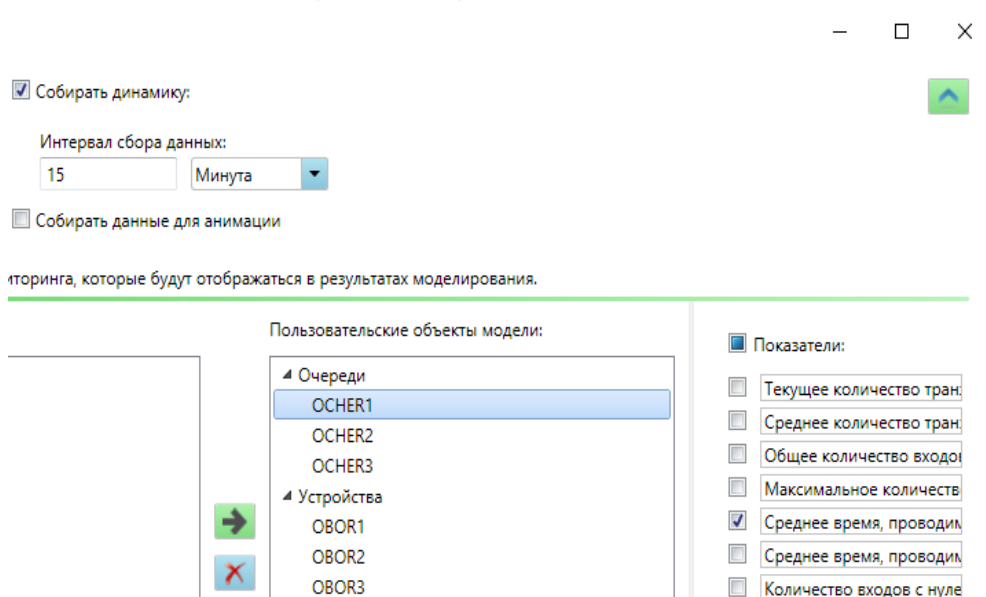


Рис 2.37. Настройка мониторинга по очереди

Показатели для OCHER1, OCHER2, OCHER3 одинаковы.

Шаг 9. Настройка ввода данных и планирование экспериментов. Окно ввода данных строим по алгоритму представленной для системы «Автозаправка». Для планирования экспериментов входим в редактор форм *Форма - Планирование эксперимента* и начинаем заполнение таблицы с *Целевых показателей*, для этого откроем *Дерево объектов для мониторинга*, расположенного в правом верхнем углу. Перетаскиваем мышью характеристики, динамику кото-

рых мы хотим изучить (см. рис.2.18). Далее заполняем таблицу *Факторы*, из типа дерева: *Дерево текста модели*, затем таблицу *Плана эксперимента*.

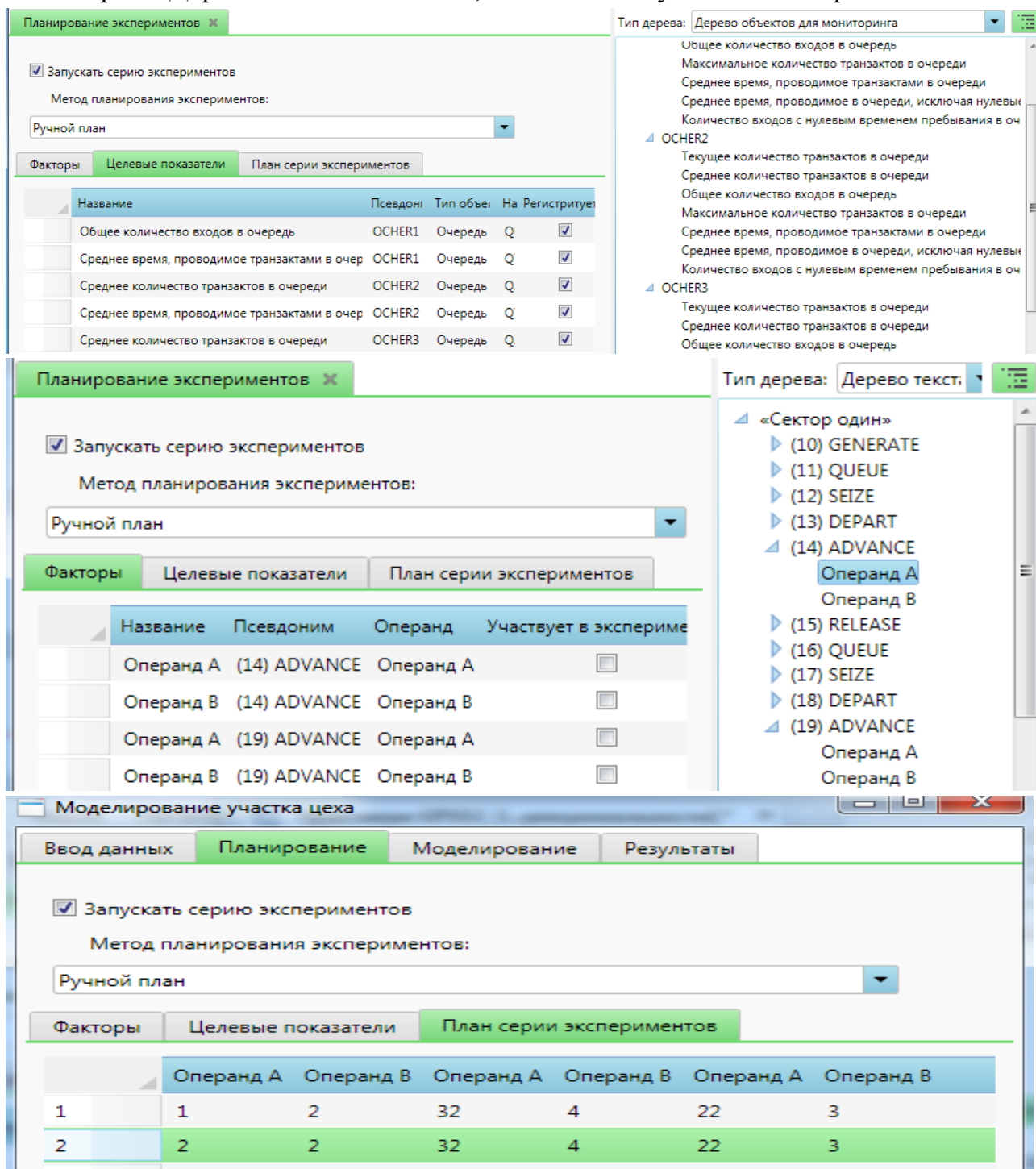


Рис.2.38. Планирование экспериментов

Шаг 10. Моделирование. Для проведения машинного эксперимента необходимо зайти в меню «*Формы*» ->затем подменю «*Проверить форму*»:

Откроется окно интерфейса моделирования и формирования результатов.

В открывшемся окне перейдите во вкладку «*Моделирование*». Нажмите на кнопку «*Начать моделирование*».

По окончании моделирования перейдите во вкладку «*Результаты*». Раскройте пункт «*Одиночные эксперименты*», щелкните по последнему эксперименту. Перейдите во вкладку «*Динамика показателей*». Здесь можно посмотреть результаты моделирования в виде графиков.

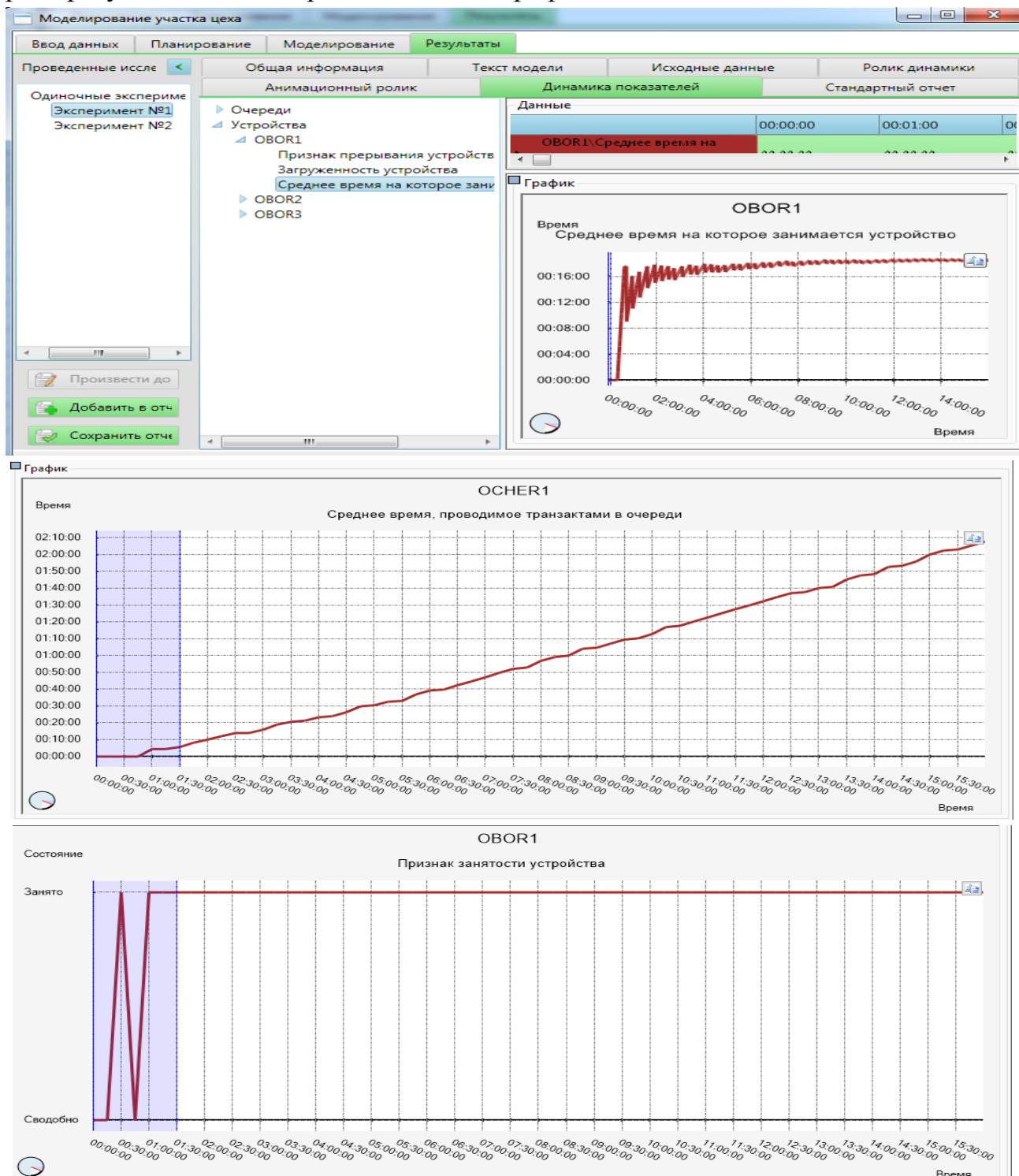


Рис.2.39. Результаты моделирования

Анализ графиков показывает, что среднее время, проводимое транзактами в очереди увеличивается с каждым последующим транзактом. График занятости устройства показывает, что устройство OBOR1 по истечению

некоторого времени будет находиться в состоянии «занято» до окончания очереди.

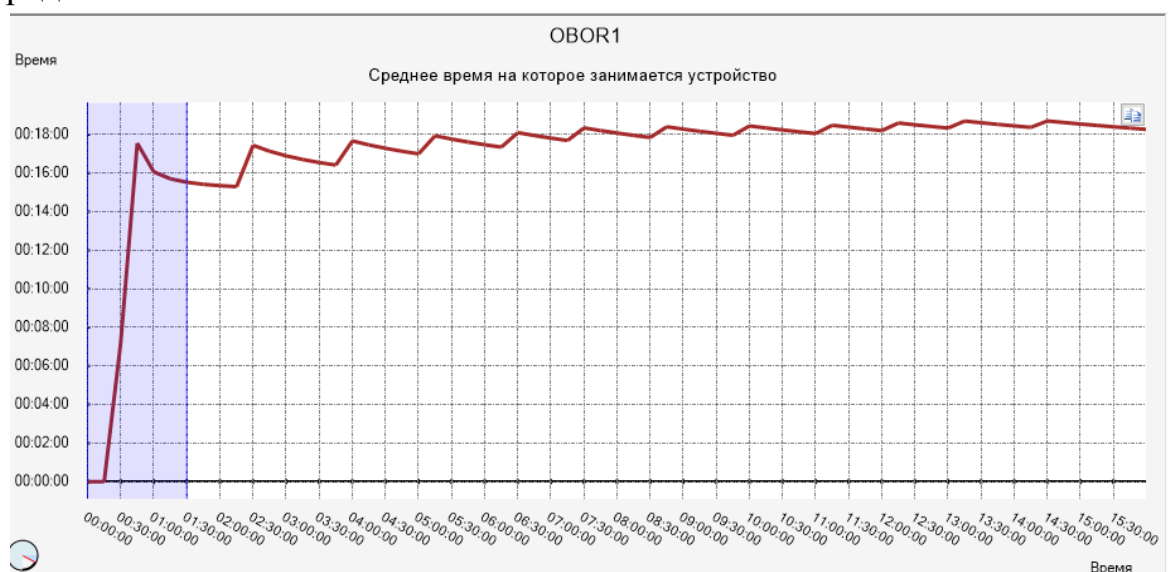


Рис 2.40. Среднее время, на которое занимается устройство

Данный график показывает, что среднее время, на которое занимается, устройство резко увеличивается, а после держится примерно на одном уровне (17 мин) с незначительным увеличением с каждым последующим транзактом.

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Участок цеха» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты и сделан небольшой анализ. Для улучшения имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести серию экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загрузки устройств, признаки загрузки устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

2.3. Моделирование работы мастерской по ремонту компьютеров

Постановка задачи. Компьютеры клиентов, требующие обычного обслуживания, прибывают каждые 5 ± 1 часов, их ремонт занимает 120 ± 30 минут. Обычное обслуживание компьютеров имеет более высокий приоритет, чем капитальный ремонт сдаваемой в аренду техники и техники, находящейся в собственности компании.

Задачи моделирования

- промоделировать работу мастерской по ремонту компьютеров в течение рабочего дня (8 ч);
- определить среднюю загрузку каждого вида оборудования, среднее время ремонта компьютеров, длину очереди;
- предложить способы модификации работы мастерской с целью повышения эффективности его работы.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и справке по универсальному редактору форм.

Создание имитационной модели процесса

Шаг 1. Открываем Расширенный редактор GPSS World. Открываем библиотеку проектов в окне «Модели». Курсор мыши устанавливаем на раздел «Текущие проекты», и с помощью правой части мыши открываем меню, где идем на пункт: Создать проект. После открытия введем название проекта.

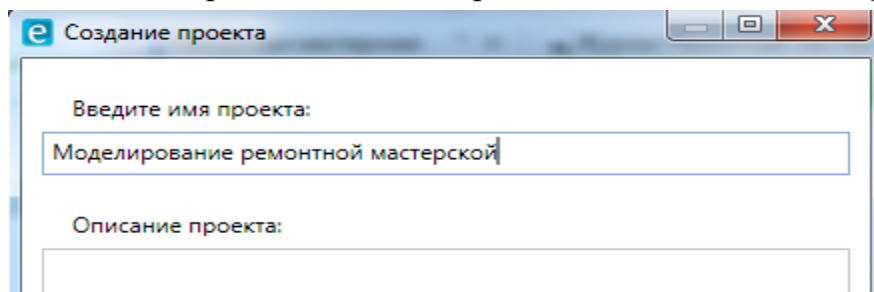


Рис 2.41. Создание проекта

Шаг 2. После которой создается текущий проект «Моделирование ремонтной мастерской», с подразделами «Моделирование» и «Формы».

Шаг 3. Создадим GPSS схему проекта.

Вариант 1. С помощью правой клавиши мыши идем на пункт «Создать схему». Создаем схему под названием «Ремонтная мастерская» во вкладке «Моделирование». Откроем эту схему во вкладке «Моделирование». В открывшемся окне создаем ТЭБ с названием «Управление временем моделирования».

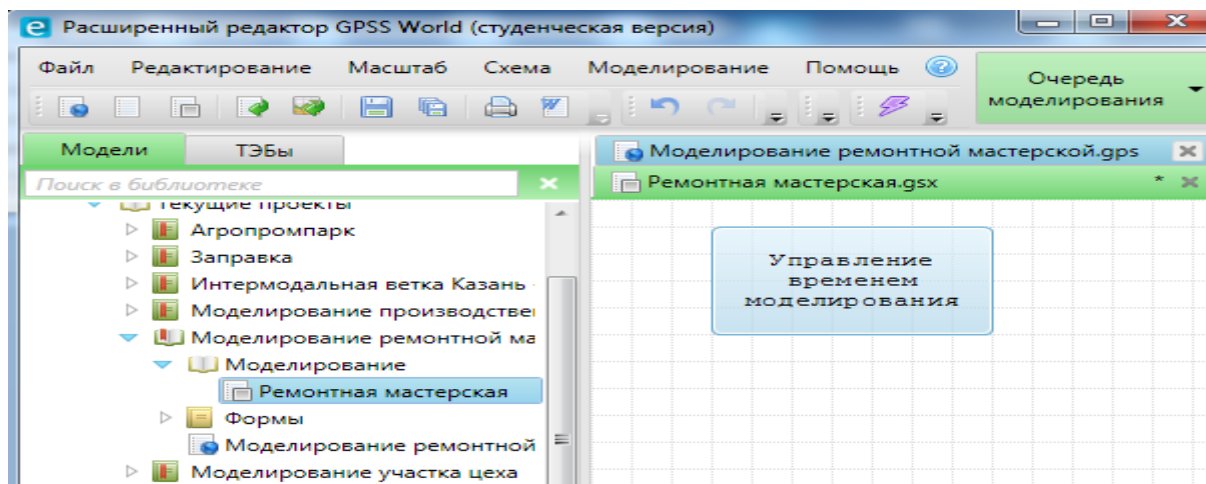


Рис 2.42. Создание ТЭБа «Управление временем моделирования».

Вариант 2. Если мы создаем схему через вкладку «Файл», то получим схему под названием «Новая схема 1», в подменю оставляем только ТЭБ с названием «Управление временем моделирования», а другой ТЭБ удаляем и сохраняем схему «Новая схема 1» указывая путь сохранения «Документ – Elina-Computer–GPSSEditor–ModelsLibrary–Текущие проекты – Моделирование ремонтной мастерской – Моделирование» под названием «Ремонтная мастерская».

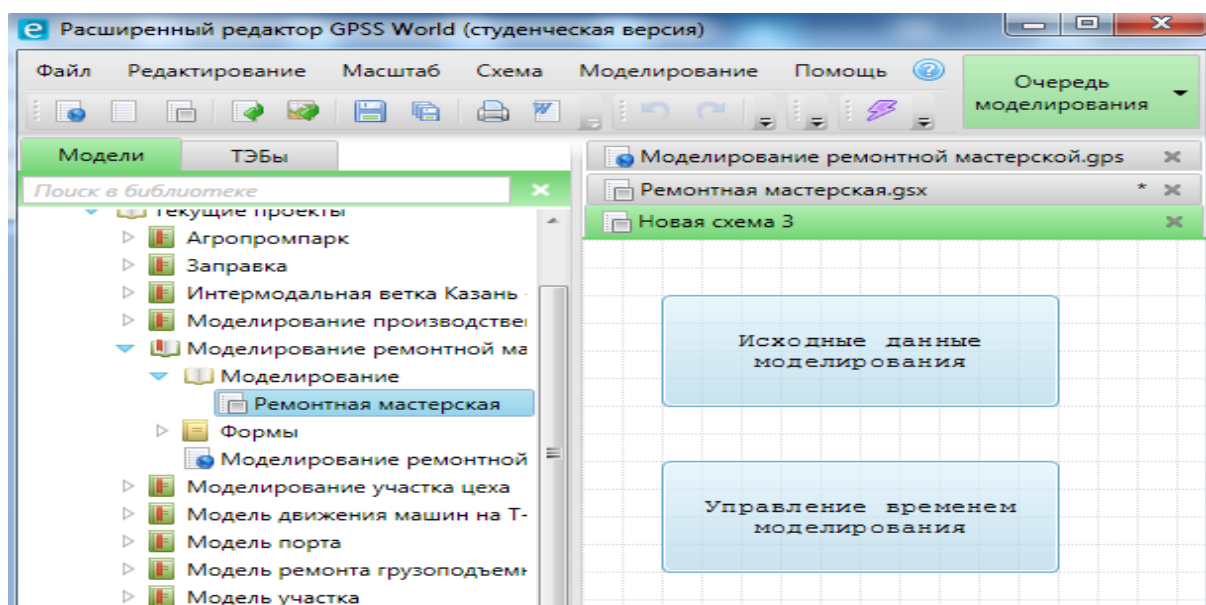


Рис 2.43. Создание ТЭБа «Управление временем моделирования»

Шаг 4. Открываем данные ТЭБа «Управление временем моделирования», переходим во вкладку GPSS модель и вводим следующий код:

```
GENERATE 24  
TERMINATE 1  
START 500
```

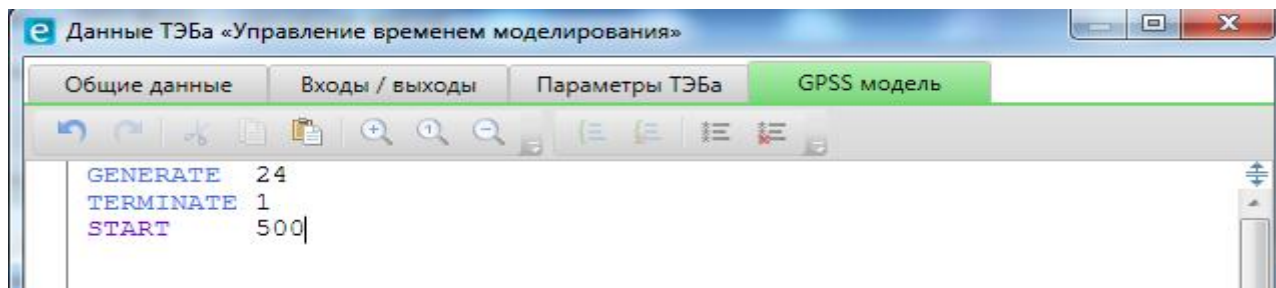


Рис 2.44. Создание GPSS модели ТЭБа «Управление временем моделирования».

Закрываем окно данных ТЭБа «Управление временем моделирования», в том же окне новая схема, добавляем новый ТЭБ и открываем его данные, в наименовании записываем: Заявки на ремонт.

Далее аналогично создаем три ТЭБа с наименованиями «Поставлено в очередь», «Ремонт», «Конец». Укажем входы/ выходы ТЭБов. Для этого открываем последовательно ТЭБы и через вкладку «Входы/выходы» задаем входы и выходы. Здесь во всех ТЭБах надо указать направление будущих стрелок через ориентацию клемм «Сверху-вниз». Затем соединяем все ТЭБы стрелками.

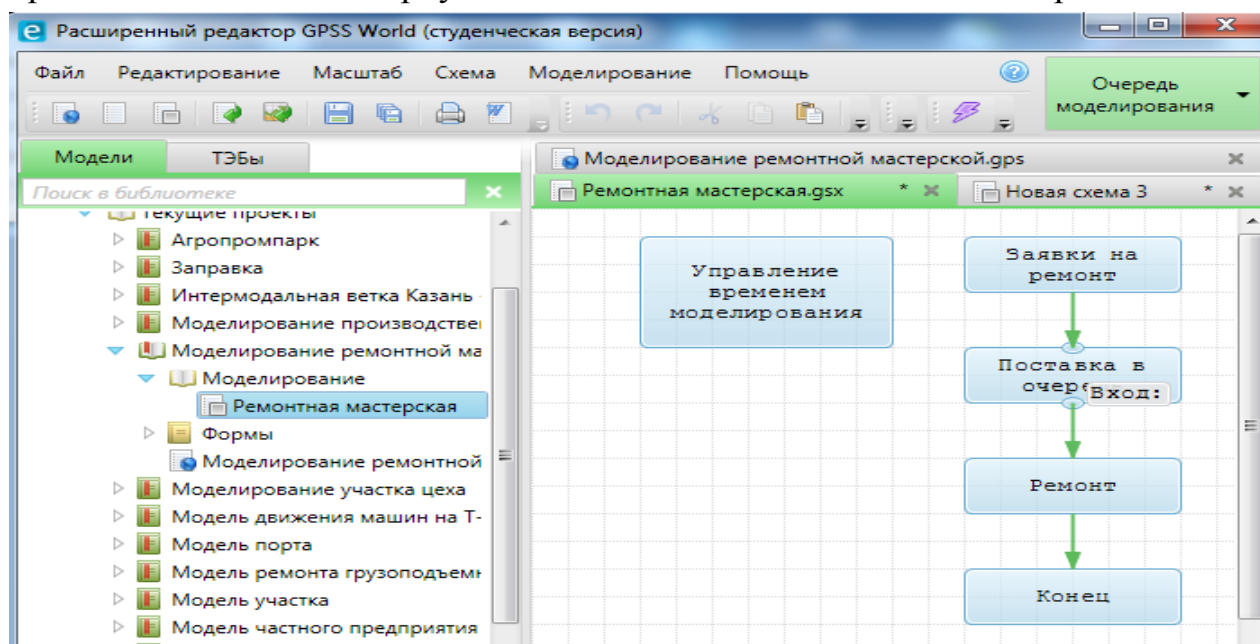


Рис 2.45. Создание схемы «Ремонтная мастерская»

Шаг 5. Пропишем GPSS модель во всех ТЭБах. В ТЭБе «Заявка на ремонт» переходим на вкладку GPSS модель и вбиваем код:

```
GENERATE 300,60,,,2 ;
```

и нажимаем "Ок".

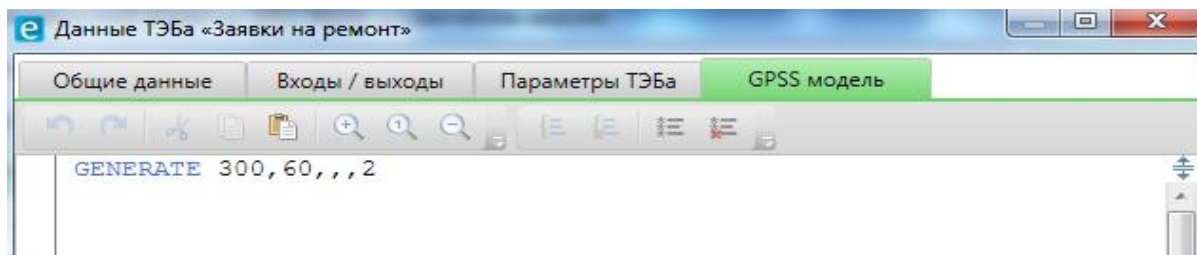


Рис.2.46. GPSS модель «Заявки»

Открываем данные следующего ТЭБа «Поставка в очередь» и прописываем во вкладке GPSSмодель код:

```
QUEUE Service
```

```
QUEUE Alljobs
```

Нажимаем "Ок".

Открываем данные следующего ТЭБа «Ремонт» и вGPSSмодели прописываем код:

```
PREEMPT Maintenance,PR ;
```

```
DEPART Service ;
```

```
DEPART Alljobs ;
```

```
ADVANCE 120,30 ;
```

Нажимаем "Ок".

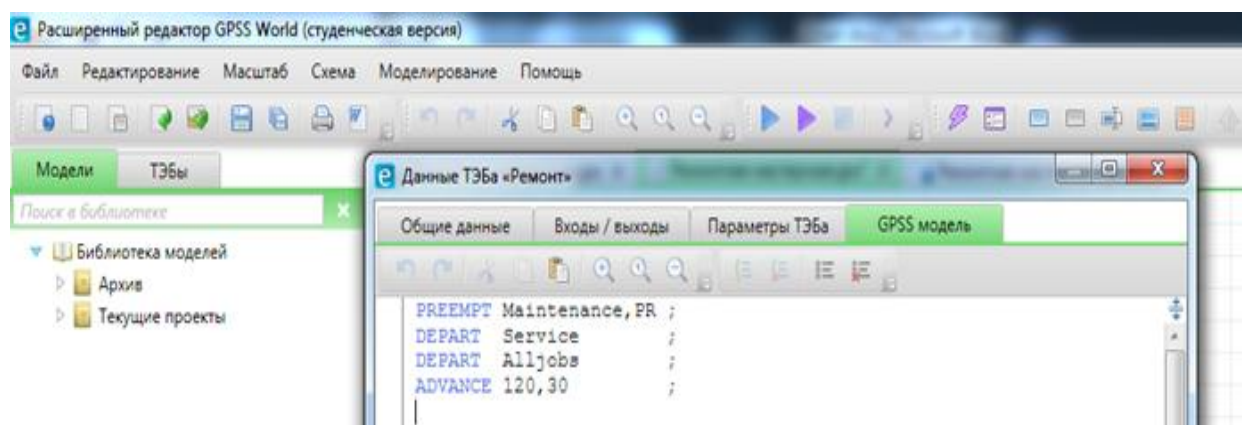


Рис.2.47. GPSS модель «Ремонт»

Открываем данные следующего ТЭБа «Конец» и во вкладке GPSS модель прописываем код:

```
RETURN Maintenance ;
```

```
TERMINATE ;
```

Нажимаем "Ок". Запускаем модель.

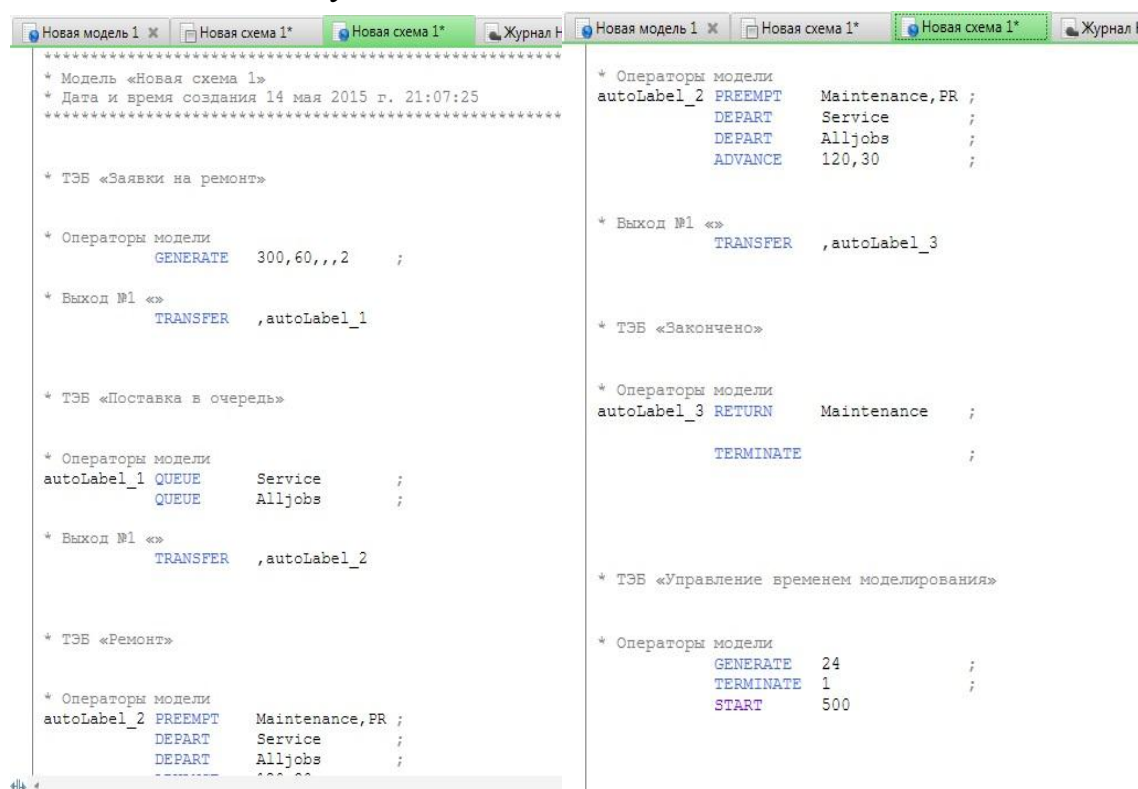


Рис.2.44. GPSS модель мастерской

Шаг 6. Создание модели на основе схемы и формирование отчета.

Для того чтобы создать модель на основе данной схемы, необходимо выбрать команду «Начать моделирование» из меню «Моделирование». При этом откроется окно сбора модели, после чего в панели вкладок откроется вкладка, представляющая собранную модель.

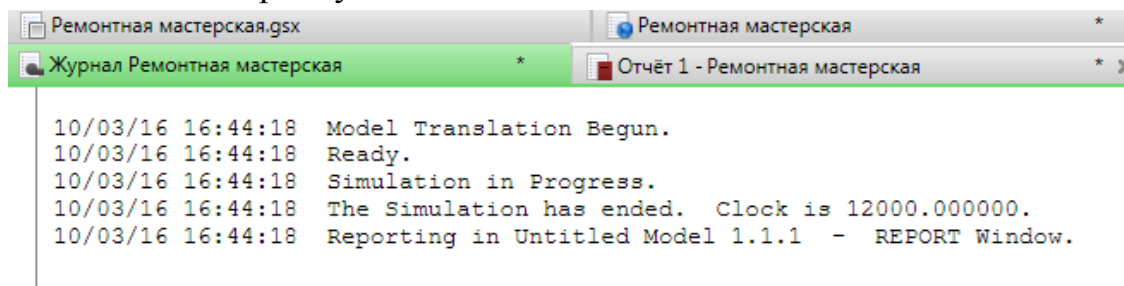


Рис.2.45. Вкладка "Журнал Ремонтная мастерская"

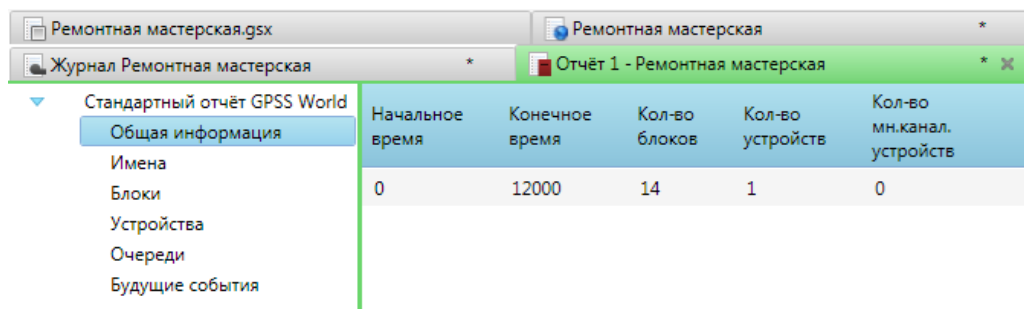


Рис.2.46. Вкладка "Отчет 1 –Ремонтная мастерская - Общая информация"

Имя	Значение
ALLJOBS	10001.000
AUTOLABEL_1	3.000
AUTOLABEL_2	6.000
AUTOLABEL_3	11.000
MAINTENANCE	10002.000
SERVICE	10000.000

Рис.2.47. Вкладка "Отчет 1 –Ремонтная мастерская - Имена"

Метка	Позиция блока	Тип блока	Кол-во тран. вошедших в блок	Кол-во тран. в блоке в конце моделирования	Кол-во тран. ожидающих выполнения
	1	GENERATE	40	0	0
	2	TRANSFER	40	0	0
AUTOLABEL_1	3	QUEUE	40	0	0
	4	QUEUE	40	0	0
	5	TRANSFER	40	0	0
AUTOLABEL_2	6	PREEMPT	40	0	0
	7	DEPART	40	0	0
	8	DEPART	40	0	0
	9	ADVANCE	40	1	0

Рис.2.48. Вкладка "Отчет 1 –Ремонтная мастерская - Блоки"

Имя / номер	Кол-во раз, когда устройство было занято	Кэффициент использования	Ср. время занятия устройства одним тран.	Состояние устройства в конце
MAINTENANCE	40	0,393	117,885	1

Рис.2.49. Вкладка "Отчет 1 –Ремонтная мастерская - Устройства"

Имя / номер	Макс. содержимое очереди за	Текущее содержимое очереди	Общее кол-во входов	Общее кол-во входов тран. в очередь с	Ср. сод. оч.
SERVICE	1	0	40	40	0
ALLJOBS	1	0	40	40	0

Рис.2.50. Вкладка "Отчет 1 –Ремонтная мастерская - Очереди"

Номер транзакта	Приоритет транзакта	Время выхода из блока	Номер семейства транзакта	Номер блока, в котором находился транзакт,	Номер след. блока	Имя / номер параметра транзакта	Значени парамет
542	0	12024	542	0		13	
524	2	12056.181	524	9		10	
538	2	12274.704	538	0		1	

Рис.2.51. Вкладка "Отчет 1 - Новая схема 1* - Будущие события"

Шаг 7. Сохраняем схемы и отчеты моделирования под названием «Ремонтная мастерская».

Шаг 8. Для вывода результатов моделирования в расширенном редакторе предусмотрен редактор форм выдачи результатов в виде графиков. Это отдельный модуль. Ярлык редактора форм, также как и расширенного редактора формируется на рабочем столе при установке расширенного редактора. Запустим редактор форм, вид интерфейса которого представлен на рисунке.

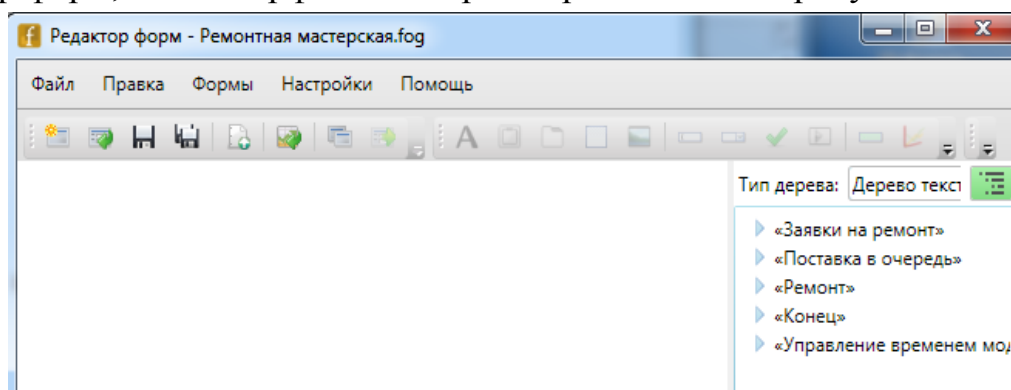


Рис.2.52. Интерфейс редактора форм

Построение графиков отдельных параметров функционирования системы в редакторе форм проводится по следующему алгоритму:

1. В редакторе форм выберите Файл->Открыть форму.

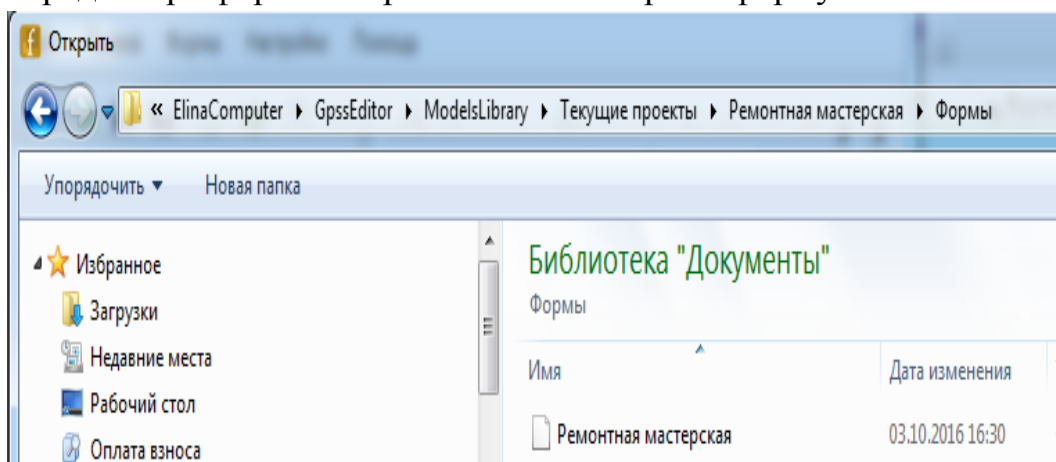


Рис.2.53. Путь к GPSS-модели

2. Файл->Указать модель (формат *.gps), т.е. путь к GPSS-модели «Ремонтная мастерская», разработанную в расширенном редакторе

Затем заходим в настройки модели "Формы - Настройки модели" и устанавливаем все как на скриншоте и нажимаем "ОК":

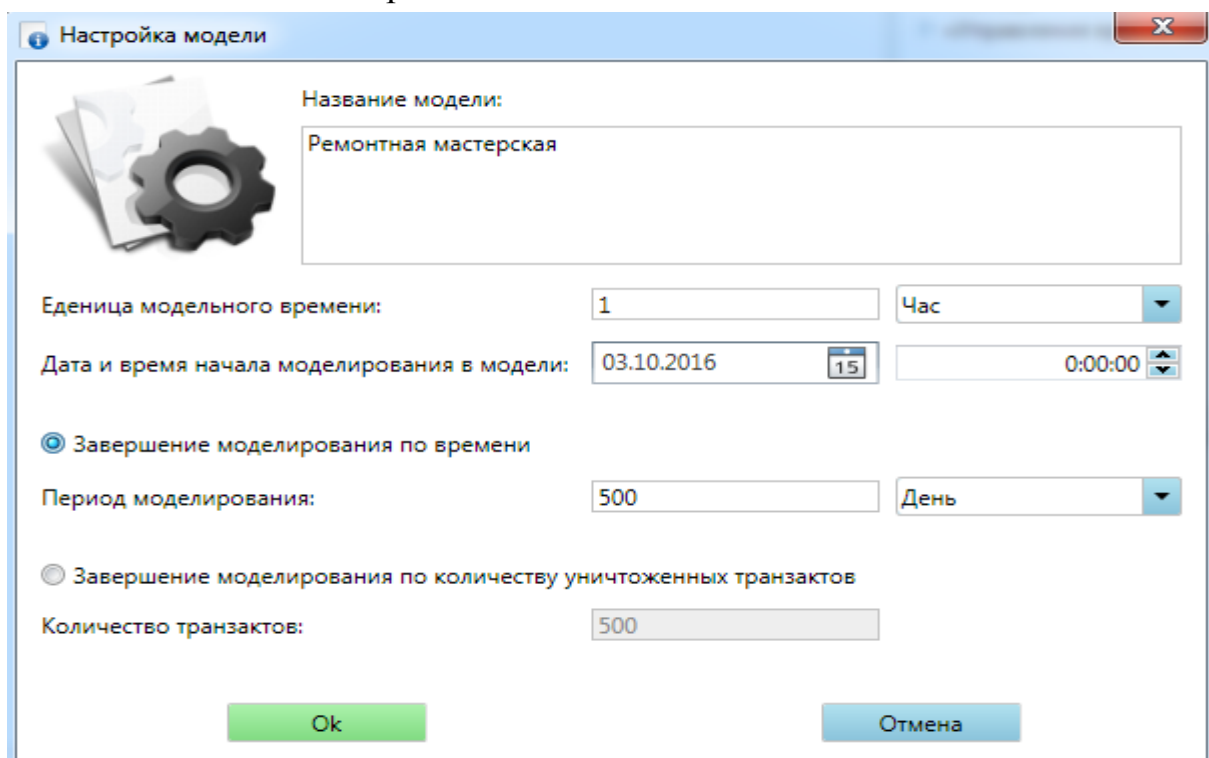


Рис.2.54. Настройка модели

Далее переходим в настройку мониторинга "Формы - Настройки мониторинга" устанавливаем все так же как на скриншоте и закрываем его:

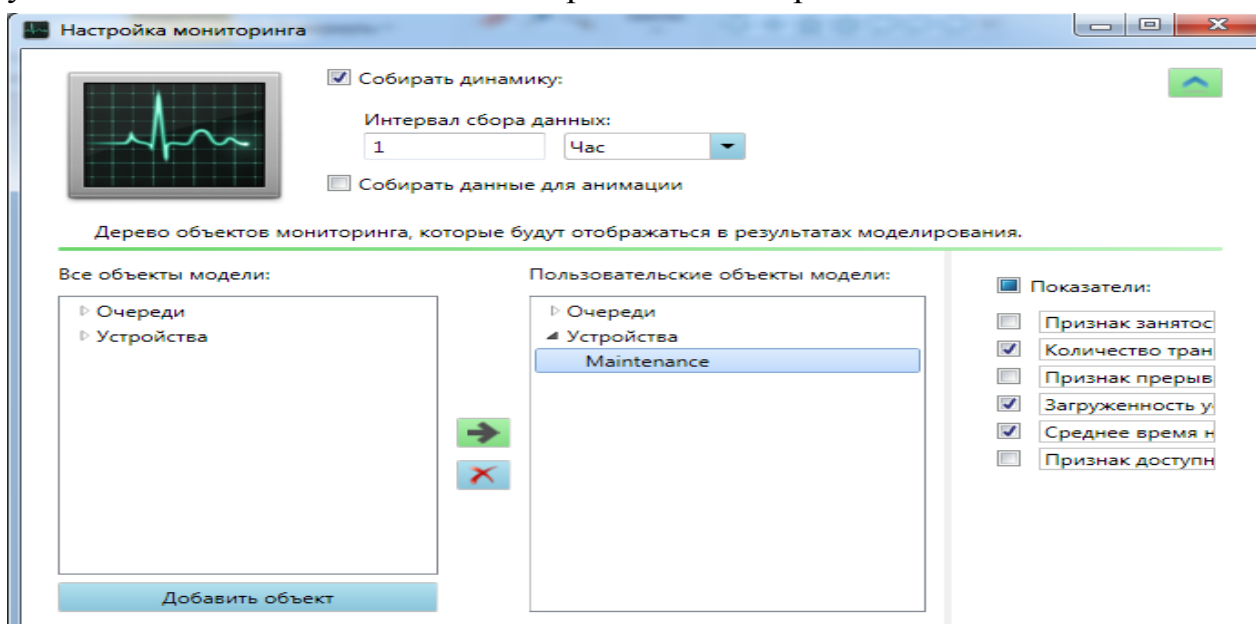


Рис.2.55. Настройка мониторинга

Планирование экспериментов и моделирование. Для планирования экспериментов входим в редактор форм *Форма - Планирование эксперимента* и начинаем заполнение таблицы с *Целевых показателей*, для этого откроем *Дерево объектов для мониторинга*, расположенного в правом верхнем углу. Перетаскиваем мышью характеристики, динамику которых мы хотим изучить (аналогично рис.2.56). Далее заполняем таблицу *Факторы*, из типа дерева: *Дерево текста модели*, затем таблицу *Плана эксперимента*.

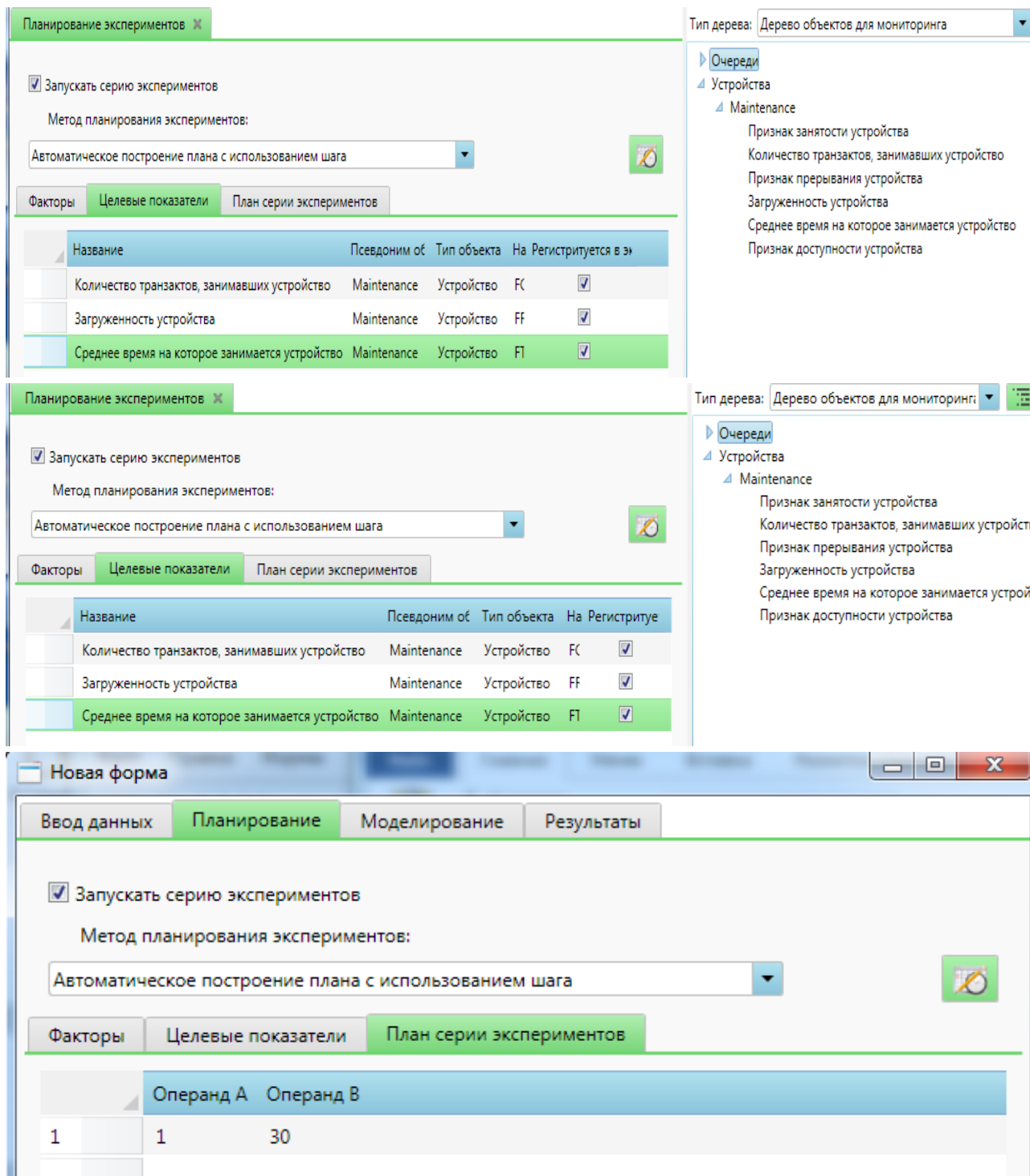


Рис.2.56. Планирование экспериментов

Далее во вкладке "Формы" выбираем "Проверить форму", если надо, то сохраним сделанную форму.

Перейдите в открывшемся окне *Ремонтная мастерская* во вкладку «Моделирование» и нажимаем на «Начать моделирование».

Проделайте несколько серий экспериментов. После проведенных машинных экспериментов перейти на вкладку результаты и открываем, как указано на картинке.

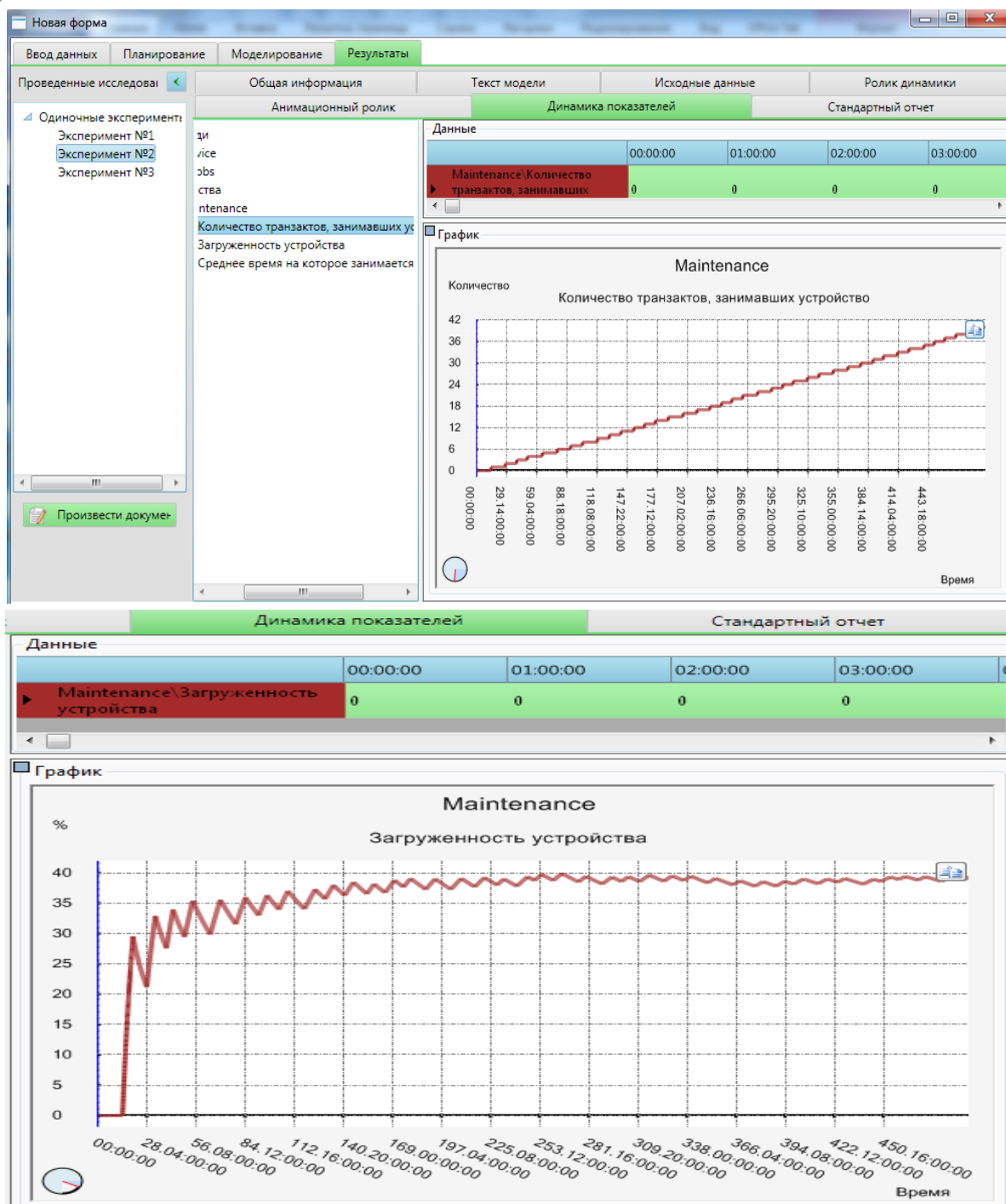


Рис.2.57. Результаты моделирования

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Мастерская по ремонту компьютеров» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения интерфейса имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загрузка устройств, среднее время загрузки устройств, признаки загрузки устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

2.2. Моделирование работы парикмахерского салона

Постановка задачи [23-24]. Рассмотрим задачу моделирования работы парикмахерской, которая имеет одно помещение для трех посетителей. Известны следующие параметры функционирования парикмахерской. Поток клиентов (требований), приходящих в парикмахерскую, равномерный. Интервал между прибытиями клиентов колеблется в пределах от 15 до 25 мин включительно. Время оплаты за работу составляет $1,5 \pm 0,4$ мин, а время стрижки клиента – 15 ± 5 мин. Время ожидания вызова абонента составляет $10,0 \pm 3,0$ мин. Время обслуживания клиента, оплаты стрижки и ожидания вызова клиента подчиняется равномерному распределению вероятностей. Если все мастера заняты, то клиент ожидает освобождения одного из них.

Задачи моделирования

Разработать имитационную модель функционирования салона парикмахерской.

Требуется определить параметры функционирования салона парикмахерской:

- коэффициент загрузки парикмахерской;

- максимальное, среднее и текущее число посетителей в парикмахерской;
- среднее время обслуживания в парикмахерском салоне и др.

Представить результаты моделирования в графической форме.

Выявление основных особенностей. Для моделирования работы парикмахерского салона необходимо сформировать входной поток посетителей (требований) и временной интервал моделирования работы салона. Но перед этим необходимо выбрать единицу измерения времени. Для моделирования работы парикмахерского салона можно взять в качестве единицы измерения времени минуту.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу, приведенной в п.2.2. и изложенной в справке по универсальному редактору форм.

Создание имитационной модели процесса

Шаг 1.Открываем Расширенный редактор GPSS World. Открываем библиотеку проектов в окне «Модели». Курсор мыши устанавливаем на раздел «Текущие проекты», и с помощью правой части мыши открываем меню, где идем на пункт: Создать проект. После открытия введем название проекта.

Шаг 2.После которой создается текущий проект «Моделирование работы парикмахерской », с подразделами «Моделирование» и «Формы».

Шаг 3.Создадим GPSS модель через вкладку «ТЭБ».

В появившемся окне вбиваем следующий GPSS модель:

Заголовок модели представим в виде:

;GPSS World - PARIKMACH.GPS

Программу работы парикмахерского салона можно представить в виде трех секторов. В первом секторе указывается вместимость парикмахерского салона. Это можно выполнить с помощью оператора STORAGE (Накопитель), который в нашем примере будет выглядеть так:

Salon STORAGE 4.

В этом же секторе используем оператор TABLE для формирования таблицы с информацией об использовании посетителями парикмахерского салона:

Transit TABLE M1,.5,1,3.

В операторе TABLE в поле операнда A используется стандартный числовой атрибут M1, который фиксирует время прохождения требования, находящегося в стадии обслуживания.

Во втором секторе будем моделировать поток посетителей и работу парикмахерского салона.

Моделирование потока посетителей будем выполнять с помощью оператора GENERATE (Генерировать). В нашем примере он будет выглядеть так:

GENERATE 20,5.

В поле операнда A указывается средний интервал времени между прибытием в парикмахерский салон двух идущих один за другим посетителей (требований, транзактов). В нашем примере среднее время прибытия требований составляет 20 мин. В поле операнда B дано отклонение времени поступления посетителей от среднего. В нашем примере оно составляет 5 мин.

Посетитель, пришедший в салон, сначала определяет количество посетителей парикмахерского салона. Если их в салоне уже три, то салон занят, и новый посетитель ожидает его освобождения. Это действие можно промоделировать с помощью оператора GATE SNF (Storage Not Full – Накопитель не полон):

Povtor GATE SNF Salon, Zanyt.

Если накопитель под символьным именем Salon не полон, то посетитель входит в парикмахерский салон. Это моделируется оператором ENTER (Войти):

ENTER Salon.

Далее посетитель встает в очередь, если она есть, для оформления талона. Это можно промоделировать оператором QUEUE (Очередь), который только в совокупности с соответствующим оператором DEPART (Выйти) собирает статистическую информацию о работе моделируемой очереди. В нашем примере оператор QUEUE будет выглядеть так:

QUEUE Ocher_kassir.

В поле операнда A дается символьное или числовое имя очереди. Таких очередей в системе может быть очень много. В нашей задаче очереди дано имя Ocher_kassir. Желательно, чтобы присваиваемое имя отражало суть описываемого элемента системы. Посетитель может выйти из очереди только тогда, когда освободится кассир (канал обслуживания). Для этого вводится оператор SEIZE (Занять), который определяет занятость канала обслуживания, и при его освобождении очередное требование выходит из очереди и идет в канал на обслуживание.

Это может выглядеть так:

SEIZE Kassir.

В поле операнда А дается символьное или числовое имя канала обслуживания.

Таких каналов обслуживания в системе может быть много. В нашей задаче каналу дано имя Kassir. Желательно, чтобы присваиваемое имя отражало суть описываемого элемента системы.

Выход клиента из очереди в кассу фиксируется оператором DEPART с соответствующим названием очереди. В нашем примере это будет выглядеть так:

DEPART Ocher_kassir.

Далее должно быть промоделировано время работы мастера. Это время в нашем примере составляет $1,5 \pm 0,4$ мин. Для моделирования этого процесса используется оператор ADVANCE (Задержать), который в нашей задаче будет выглядеть так:

ADVANCE 1.5,0.4.

После обслуживания кассиром посетитель идет к мастеру для обслуживания. Однако перед этим системе должно быть послано сообщение об освобождении канала обслуживания (кассира). Это делается с помощью оператора

RELEASE (Освободить), который в нашей задаче записывается так:

RELEASE Kassir.

Следует особо подчеркнуть, что парные операторы QUEUE и DEPART для каждой очереди должны иметь одно и то же, но свое уникальное имя. Это же относится и к операторам SEIZE и RELEASE.

После обслуживания в кассе посетитель направляется к мастеру. Это может быть промоделировано оператором ADVANCE:

ADVANCE 4.4.

После обслуживания посетитель (требование) освобождает кресло (покидает систему). Это действие может быть представлено оператором LEAVE (Оставить):

LEAVE Salon.

После этого посетитель покидает систему – парикмахерскую. Это действие может быть промоделировано оператором TERMINATE:

TERMINATE.

В третьем секторе определяется время моделирования системы. Этот процесс может быть представлен такой совокупностью операторов:

GENERATE 480

TERMINATE 1

START 1

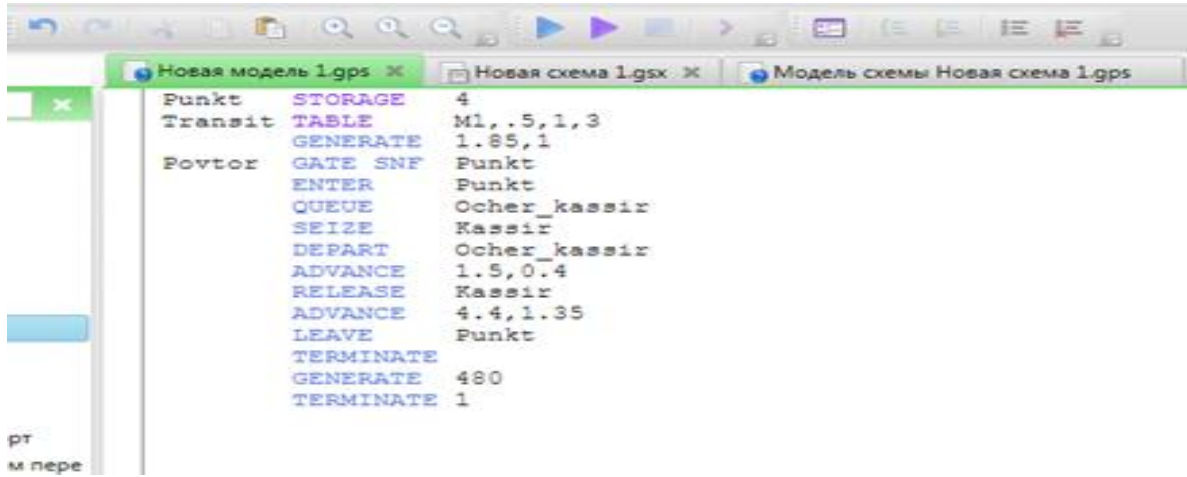


Рис.2.58. Исходный код модели.

Нажимаем Синюю стрелочку и во вкладке «Моделирование» нажимаем START 1

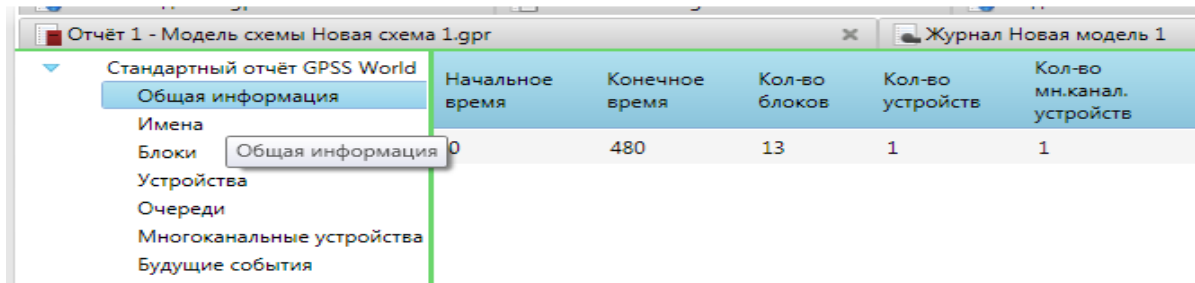


Рис.2.59. Отчет по модели

Теперь создадим схему данной модели.

Создать – Новая схема. Автоматом появится два ТЭБа.

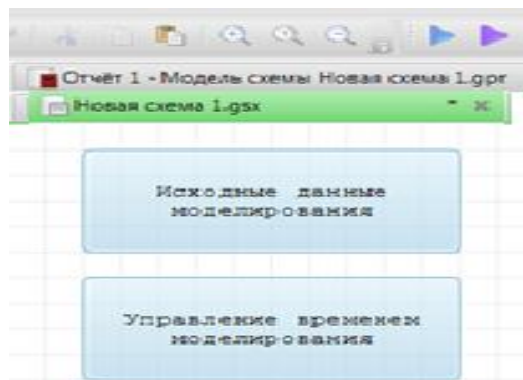


Рис.2.60. ТЭБы новой схемы

В ТЭБе «Исходные данные моделирования» прописываем следующий код GPSS модели

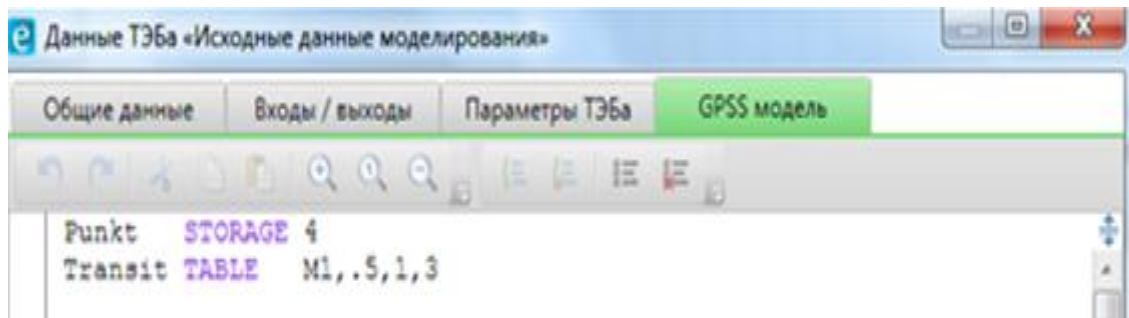


Рис. 2.61. ТЭБ «Исходные данные моделирования»

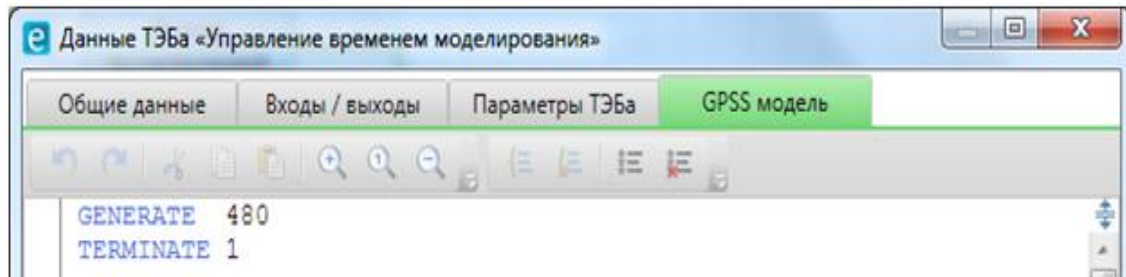


Рис.2.62. ТЭБ «Управление временем моделирования»

Добавляем еще три ТЭБа через меню или меню правой кнопкой .

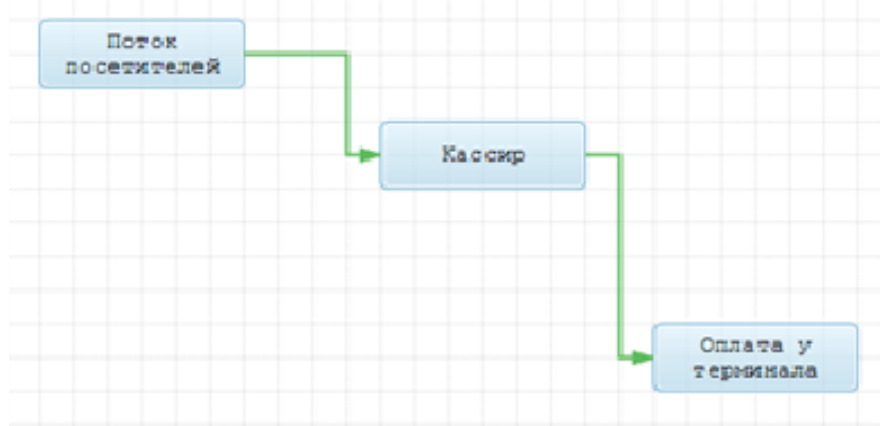


Рис.2.63. Схема процесса

Называем их как показано ниже и вписываем код во вкладке GPSS модель.

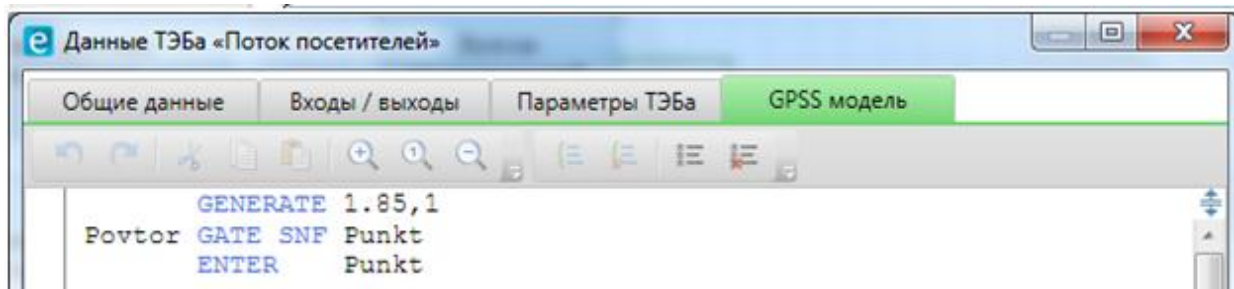


Рис.2.64. Поток посетителей

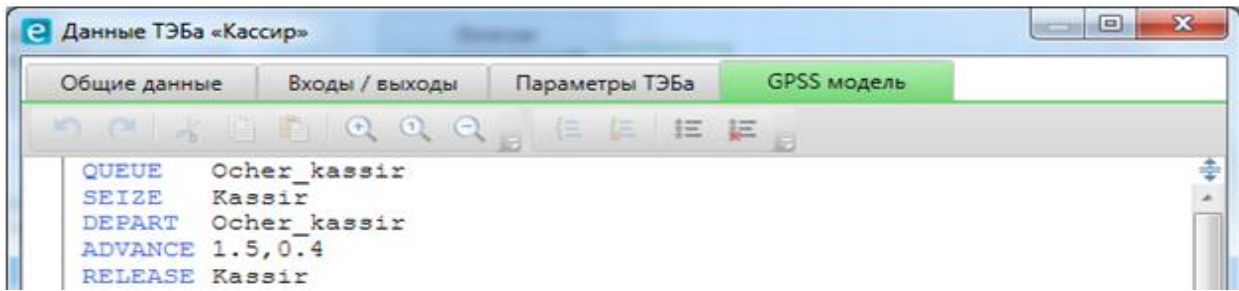


Рис.2.65. Кассир

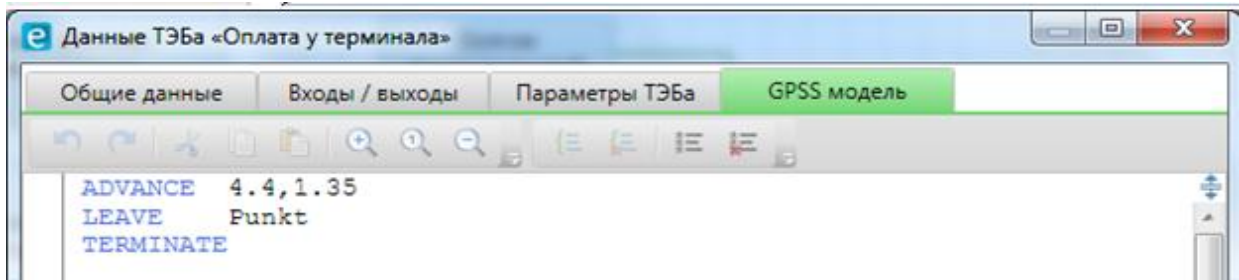


Рис.2.66. Оплата у терминала

Далее каждому из трех ТЭБов задаем входы/выходы во вкладке «Входы/выходы» через «Ориентацию клемм» - «Слева-направо» и кнопкой «Добавить».

Для Потока посетителей – 1 выход

Кассир – 1 вход 1 выход

Оплата у терминала 1 вход.

Соединяя все блоки, получаем полную схему имитационной модели (рис.2.67)

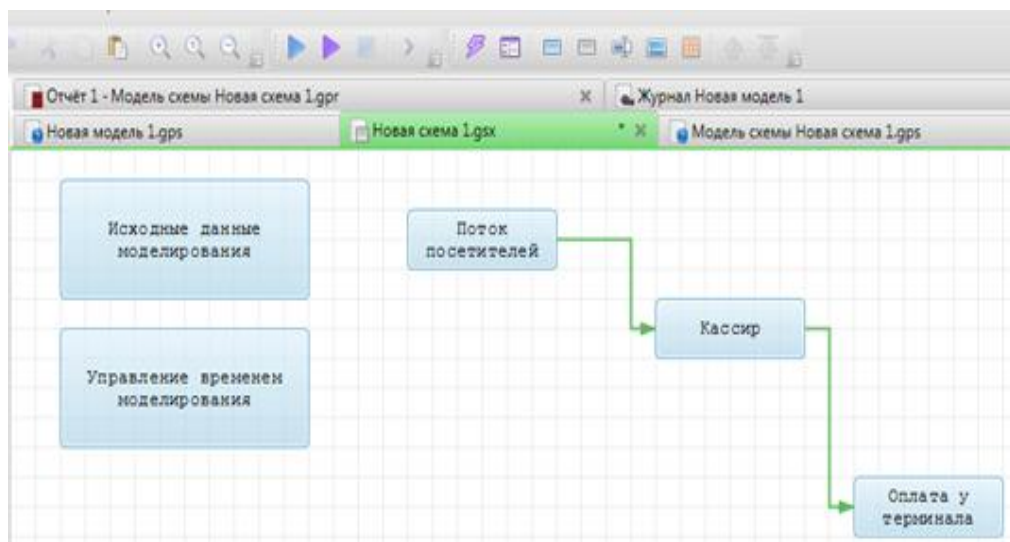


Рис.2.67. Полная схема модели

И нажимаем фиолетовую молнию наверху, в результате получим описание GPSS модели нашей задачи.

```

- Операторы модели:
Punkt STORAGE 4
Transit TABLE M1..5,1,3
TERMINATE

- ТЗБ «Управление временем моделирования»

- Операторы модели:
GENERATE 480
TERMINATE 1

- ТЗБ «Поток посетителей»

- Операторы модели:
Povtor GENERATE 1..85,1
GATE SNF Punkt
ENTER Punkt

- Выход #1 =>
TRANSFER ,autoLabel_1

- ТЗБ «Кассир»

- Операторы модели:
autoLabel_1 QUEUE Ocher_kassir
SEIZE Kassir
DEPART Ocher_kassir
ADVANCE 1..5,0..4
RELEASE Kassir

- Выход #1 =>
TRANSFER ,autoLabel_2

- ТЗБ «Оплата у терминала»

- Операторы модели:
autoLabel_2 ADVANCE 4..4,1..35
LEAVE Punkt
TERMINATE

```

Рис.2.68. Код имитационной модели

Снова нажимаем Синюю стрелку, моделирование START 1 и любуемся отчетом. Останавливаем моделирование. Сохраняем GPSS модель в формате (*.gps).

Выдача результатов моделирования в графической форме. Для этого открываем Редактор форм.

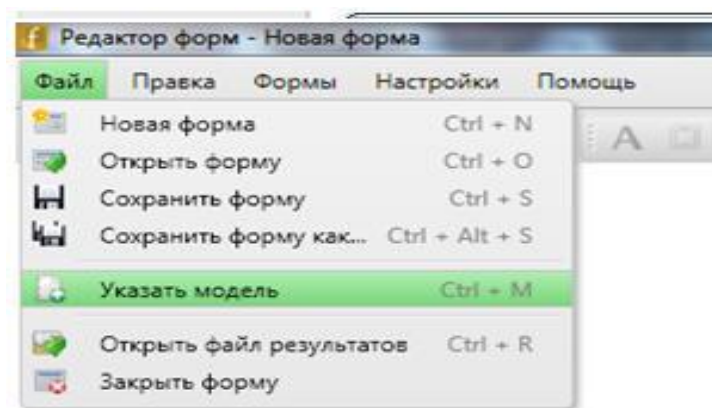


Рис.2.69. Редактор форм

Нажимаем указать модель и показываем путь до нашей модели, сделанной в расширенном редакторе. Нажимаем Формы – Настройки модели.

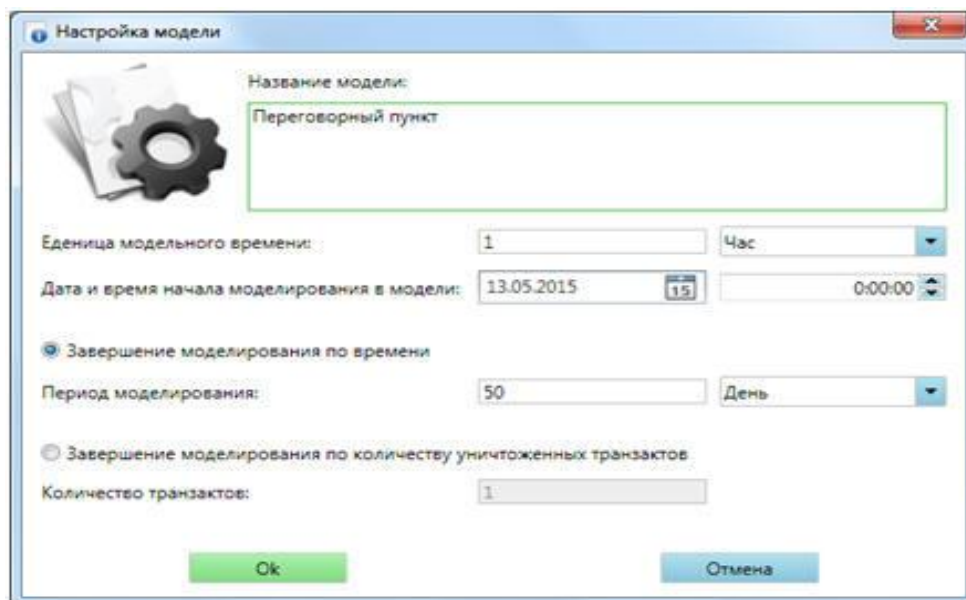


Рис.2.70. Настройка модели

При нажатии кнопки “ОК” может выйти окно *Сохранение настроек*, жмем “Да”.

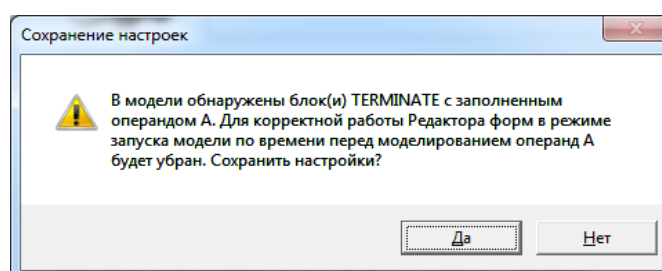


Рис.2.71

Далее в «*Настройке мониторинга*» отметим те показатели, которые необходимо получить для проведения анализа работы модели.

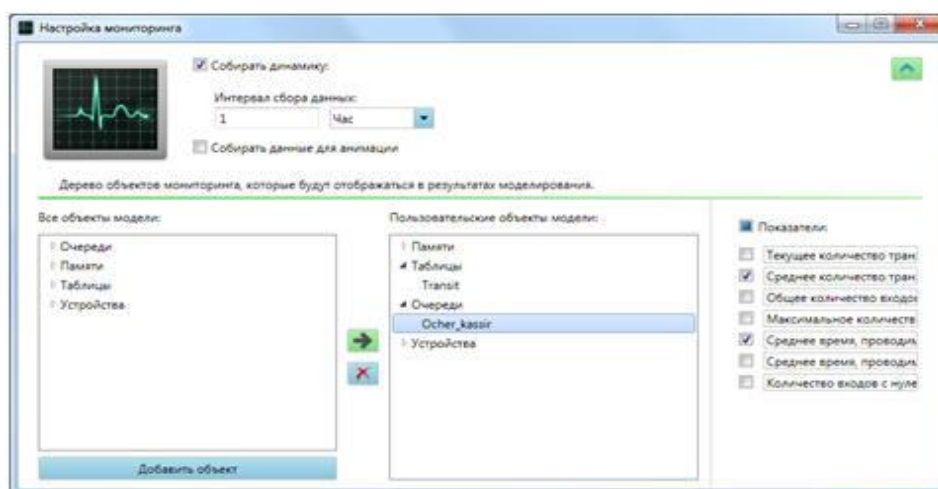


Рис.2.72. Настройка мониторинга

Планирование экспериментов. Для планирования экспериментов входим в редактор форм *Форма - Планирование эксперимента* и начинаем заполнение таблицы с *Целевых показателей*, для этого откроем *Дерево объектов для мониторинга*, расположенного в правом верхнем углу. Перетаскиваем мышью характеристики, динамику которых мы хотим изучить. Далее заполняем таблицу *Факторы*, из типа дерева: *Дерево текста модели*, затем таблицу *Плана эксперимента*.

После настройки планирования идем на проверку формы.

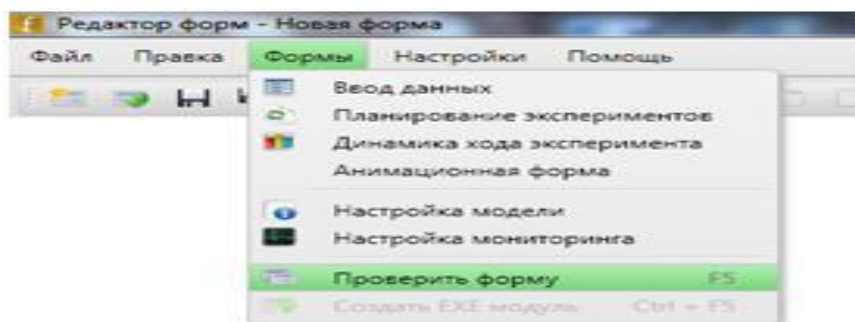


Рис.2.73. Проверить форму

После которой выпадает меню сохранения формы. Сохранение формы приводит к открытию интерфейса *Ввод данных – Планирование – Моделирование – Результаты*. Открываем вкладку «*Моделирование - Начать моделирование*», после которой сформируется «*Эксперимент № 1*».

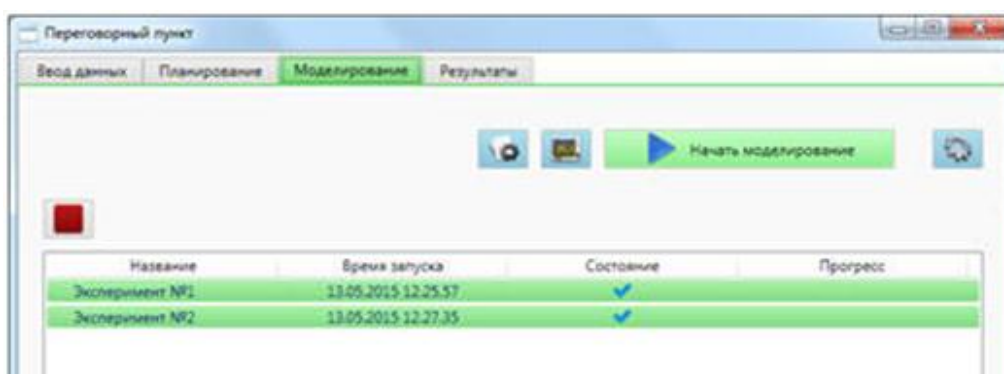


Рис.2.74. Моделирование

Во вкладке «*Результаты*» находим свои эксперименты и смотрим графики во вкладке «*Динамика показателей*».



Рис.2.75. Результаты моделирования

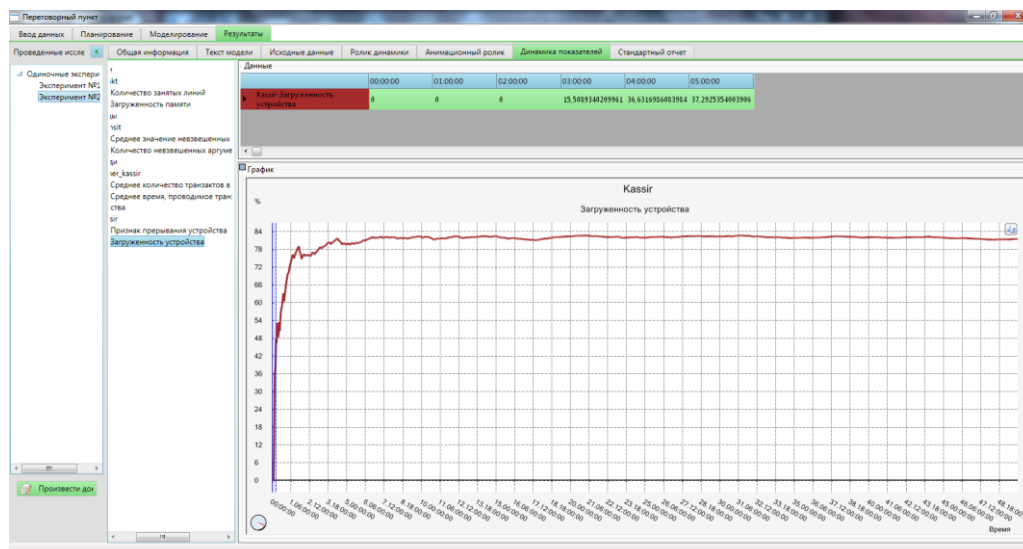


Рис.2.76. Загруженность устройства

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Парикмахерский салон» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения пользовательского интерфейса имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и времени обслуживания и его распределения.

2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

2.5. Моделирование системы управления запасами

Постановка задачи [24]. Необходимо промоделировать работу склада материалов на предприятии. Вместимость склада составляет 2000 единиц материала. Возможна поставка на склад с периодичностью 5 дней в размере 1000 единиц материала. Начальный запас материалов на складе составляет 1500 единиц. Ежедневный спрос материала изменяется в пределах от 35 до 50 единиц с равной вероятностью. Если текущий запас больше 1200, то никакой поставки материалов на склад в течение недели не производят. Требуется смоделировать работу склада материалов в течение 200 дней.

Основные особенности. Для моделирования работы склада необходимо сформировать входные потоки заказов материала на склад, определить спрос материалов со склада и временной интервал моделирования работы склада. Но перед этим необходимо выбрать единицу измерения времени. Для моделирования работы склада можно взять в качестве единицы измерения времени день.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и справке по универсальному редактору форм.

Создание имитационной модели процесса

Шаг1. Создание проекта. Открываем Расширенный редактор GPSS World. Для работы удобнее всего создать проект в библиотеке моделей.

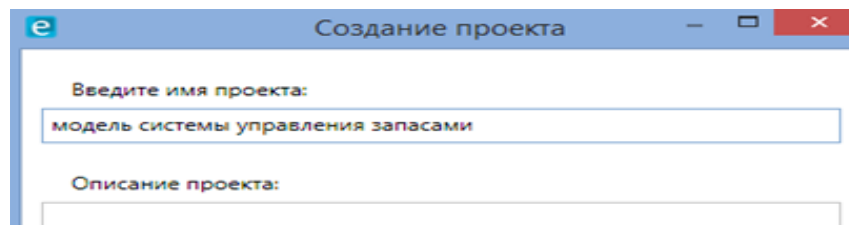


Рис.2.77. Создание проекта

Разработка проекта модели.

Модель поставленной задачи можно разбить на несколько сегментов (ТЭ-Бов):

- 1) сектор определения входных данных;
- 2) моделирование поставки материалов на склад;
- 3) моделирование текущего запаса с учетом спроса;
- 4) установление начального размера запаса.

Шаг 2. Проектирование графической схемы. Создадим GPSS схему проекта

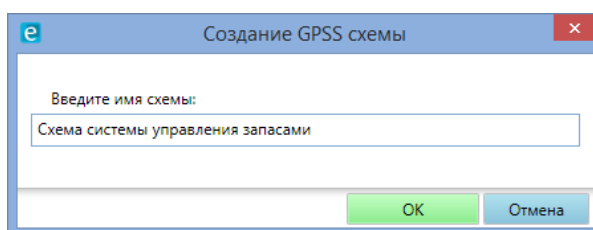


Рис.2.78. Создание GPSSсхемы

На основе этих сегментов мы последовательно будем проектировать один за другим все указанные четыре ТЭБа. Конечно, при разработке каждого ТЭБа мы должны определить число входов и выходов, дать его текстовое описание, задать параметры и написать на GPSS World текст модели этого ТЭБа. Также необходимо помнить, что впоследствии можно будет уточнять и изменять все эти характеристики.

Откроем созданную схему и создадим ТЭБ, используя команды графического редактора. В контекстном меню на рабочей области схемы «Модель системы управления запасами» необходимо выбрать команду **«Создать ТЭБ»**. Заполним общие данные ТЭБа. Сначала назовём этот ТЭБ – «Сектор определения входных данных». Введем краткое текстовое описание ТЭБа. Результат создания ТЭБа показан на рисунке ниже.

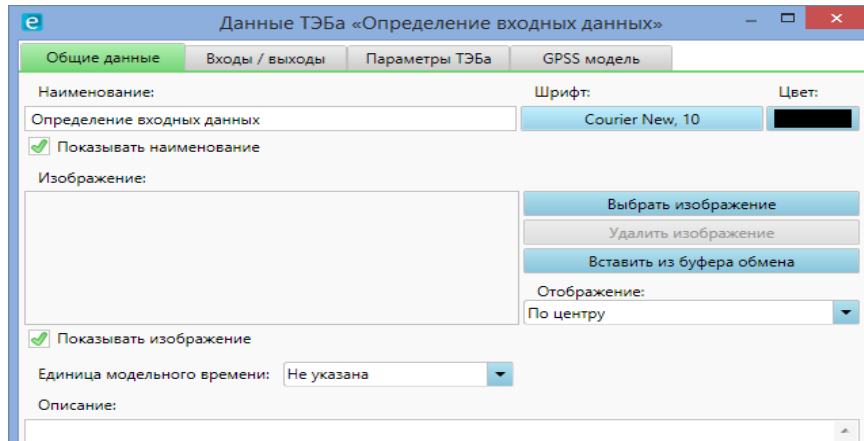


Рис.2.79. Общие параметры ТЭБа

Теперь перейдем на вкладку «Входы/выходы» и создадим один выход как показано на рисунке ниже

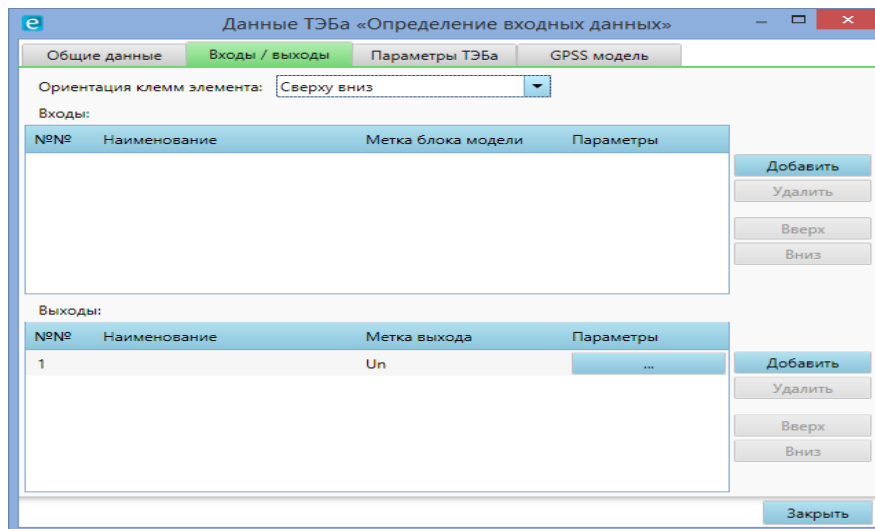


Рис.2.80. Интерфейс ТЭБа

На последней вкладке «GPSS модель», необходимо разработать и ввести модель на языке GPSS World, которая будет определять логику работы данного ТЭБа.

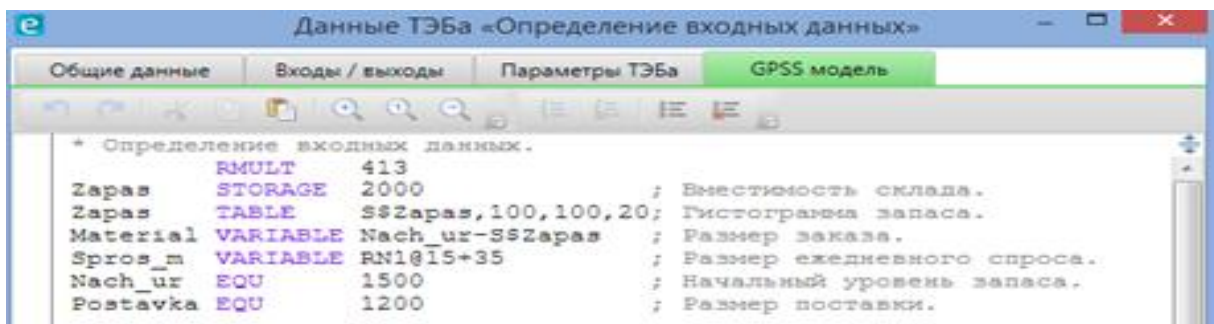


Рис.2.81.GPSS модель ТЭБа

Оператор **RMULT** определяет начальное число для генератора случайных чисел.

Оператор **STORAGE** (Накопитель) с меткой *Zapas* определяет вместимость склада – 2000 единиц.

Оператор **TABLE** с меткой *Zapas* предназначен для формирования таблицы текущего (ежедневного) уровня запаса на складе. Она может быть использована для построения соответствующей гистограммы, если потребуется. Текущий уровень запаса определяется с помощью стандартного числового атрибута *S\$Zapas*.

Оператор **VARIABLE** с меткой *Material* определяет количество материала как разность начального и текущего запаса.

Оператор **VARIABLE** с меткой *Spros_m* характеризует ежедневный спрос, который изменяется от 35 до 50 единиц с равной вероятностью. Ежедневный спрос определяется так. Датчик случайных чисел, а точнее датчик псевдослучайных чисел, определяет, используя равномерное распределение вероятностей, значение вероятностей в интервале [0–1]. Допустим, это значение равно 0,150. Тогда величина спроса будет определяться так:

$$35 + (50 - 35) \times 0,15 = 37,25.$$

Оператор **EQU** с меткой *Nach_ug* определяет начальный уровень запасов, который в нашей задаче установлен в размере 1500 единиц. Использование именованной величины облегчает проведение экспериментов с ее различными значениями.

Оператор **EQU** с меткой *Postavka* определяет тот критический уровень материалов на складе, который обуславливает необходимость очередного заказа материалов. Этот размер в нашей задаче составляет 1200 единиц.

После того, как все данные введены, необходимо нажать кнопку «**OK**». Созданный ТЭБ появится на схеме «Модель системы управления запасами»

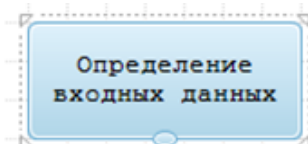


Рис.2.82.Размещение созданного ТЭБа на схеме

Шаг 3. Рассмотрим теперь второй сегмент модели или второй ТЭБ, который обеспечивает моделирование процесса поставки материала на склад. GPSS– модель ТЭБа будет выглядеть так:

GENERATE 5,,1 ; Поставка через 5 дней.

TEST L S\$Zapas,Postavka,Out ; Нужна ли поставка.

ASSIGN 2,V\$Material ; Размер заказа в P2.

ADVANCE 5 ; Интервал поставки.

ENTER Zapas,P2 ; Увеличить запас на P2.

Out TERMINATE ; Завершение заказа.

Оператор **GENERATE** генерирует очередной момент времени, когда возможна поставка материала на склад.

Оператор **TEST L** определяет необходимость очередной поставки материала на склад. Очередная поставка материалов на склад производится тогда, когда текущий запас, который определяется с помощью стандартного числового атрибута S\$Zapas, меньше размера поставки, определенного оператором **EQU** с меткой Postavka в предыдущем секторе. В противном случае поставка отменяется – требование (транзакт) направляется к оператору **TERMINATE** с меткой Out.

Если текущий запас меньше размера поставки, то требование переходит к следующему оператору – **ASSIGN** (Присвоить). В операторе **ASSIGN** в параметре требования под номером 2 запоминается размер заказа, который определяется переменной под именем Material.

Оператор **ADVANCE** моделирует время ожидания требования (поставки) в течение 5 дней.

Далее оператор **ENTER** моделирует поставку после истечения 5 дневного срока и увеличивает текущее содержание склада – S\$Zapas – на величину, содержащуюся в параметре требования под номером 2.

Оператор **TERMINATE** с меткой Out удаляет требование из системы. Этот оператор используется, чтобы определить окончание моделирования состояния.

Как описано выше создаем ТЭБ, дополняем схему недостающими связями (соединяем входы и выходы).

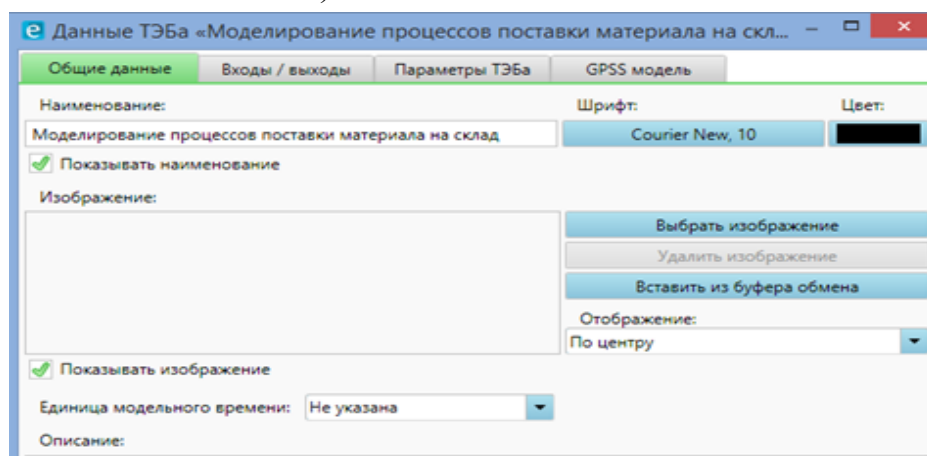


Рис.2.83. Общие параметры ТЭБа

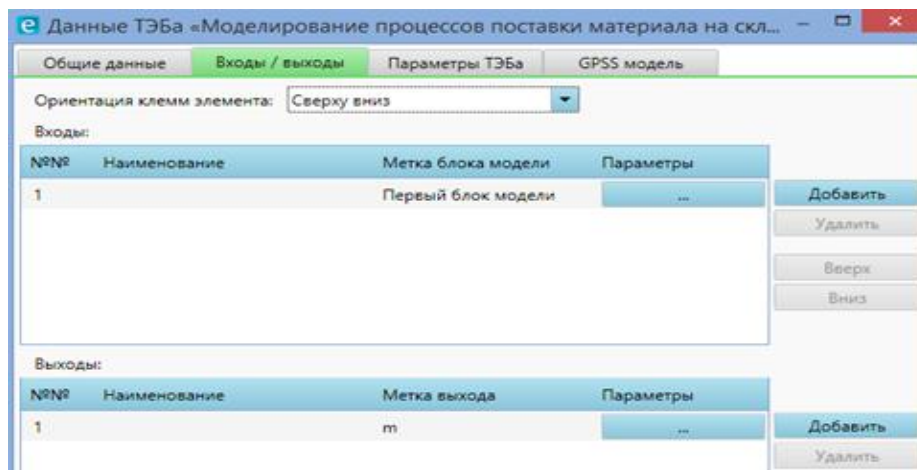


Рис.2.84.Определение входов и выходов ТЭБа

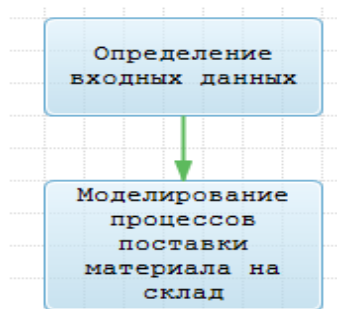


Рис.2.85.Размещение созданного ТЭБа на схеме

Шаг 4.Рассмотрим теперь третий сегмент модели и ТЭБ, который обеспечивает моделирование текущего запаса с учетом ежедневного спроса на материал. GPSS– модель ТЭБа будет выглядеть так:

GENERATE 1 ; Генерирование дня.
 ASSIGN 1,V\$\$pros_m ; Размер спроса в P1.
 TABULATE Zapas ; Запись текущего запаса.
 TEST GE S\$Zapas,P1,Zapasout ; Можно ли заказать.
 LEAVE Zapas,P1 ; Уменьшить запас на P1.
 TERMINATE 1 ; Завершения дня.
 Zapasout TERMINATE 1 ; Завершения дня.

Оператор **GENERATE** генерирует очередной день работы склада.

Оператор **ASSIGN** присваивает параметру требования (очередному дню) под номером 1 размер спроса.

Оператор **TABULATE** с меткой Zapas собирает информацию для создания таблицы и гистограммы ежедневных уровней запасов.

Оператор **TEST GE** проверяет возможность удовлетворения спроса. Если текущий запас – S\$Zapas – больше или равен величине спроса, то процесс мо-

делирования переходит к следующему оператору – **LEAVE** (Оставить):**LEAVE** **Zapas,P1**

Если такой возможности нет, то требование направляется к оператору с меткой **Zapas out**.

Оператор **LEAVE** уменьшает текущий запас – **S\$Zapas** – на величину спроса в данный день. Это делается так: требование (очередной день), входя в блок **LEAVE**, несет в параметре требования под номером 1 величину спроса (операнд **B**). Эта величина спроса и вычитается из величины текущего запаса **S\$Zapas**.

Аналогично создаем ТЭБ, дополняем схему недостающими связями (соединяем входы и выходы).

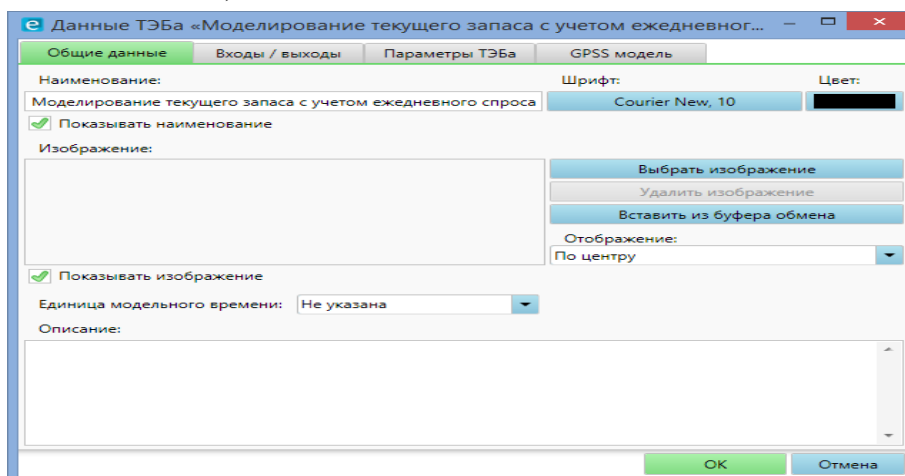


Рис.2.86. Общие данные ТЭБа «Моделирование текущего запаса»

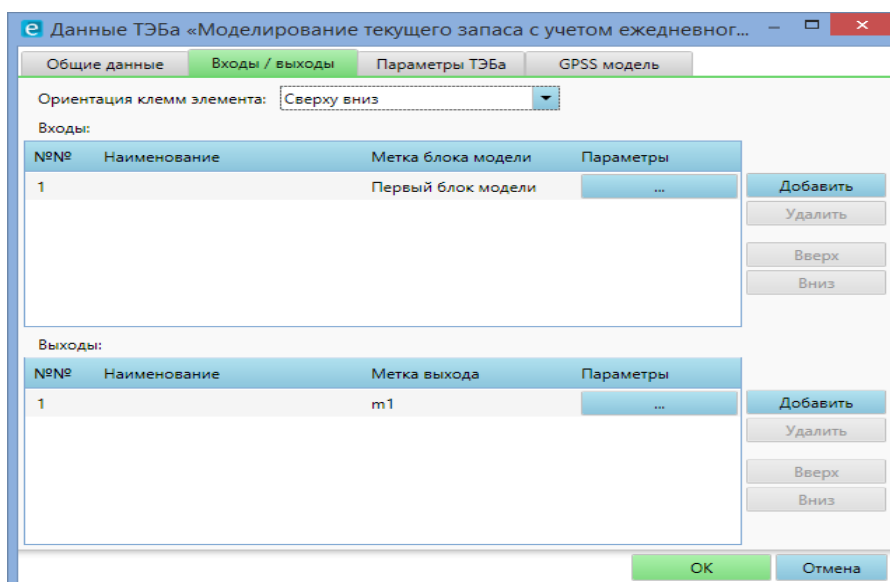


Рис.2.87.Определение входов и выходов ТЭБа



Рис.2.88.Размещение созданного ТЭБа на схеме.

Шаг 5.Рассмотрим теперь четвертый сегмент модели, который обеспечивает установление начального размера запаса. GPSS– модель ТЭБа будет выглядеть так:

GENERATE ,,1,10 ; Начальный запас.

ENTER Zapas,Nach_ur ; Установка нач. запаса.

TERMINATE ; Завершение установки.

Оператор **GENERATE** генерирует одно требование (транзакт) с приоритетом, равным 10. Оно имеет наибольший приоритет среди всех требований, генерируемых оператором **GENERATE**, и поэтому становится первым активным требованием в системе.

Оператор **ENTER** определяет величину начального запаса, чтобы установить величину S\$Zapas в начале моделирования.

Оператор **TERMINATE** уничтожает начальное требование без уменьшения индекса завершения.

GPSS позволяет многим требованиям одновременно существовать в различных местах в модели. В этой модели требования создаются в трех секторах.

Шаг 6. Создаем последний ТЭБ со своей логикой работы, выраженной в модели GPSS. Дополняем схему недостающими связями (соединяем входы и выходы). Для создания связи необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на выходной клемме источника и на входной клемме соединяемого ТЭБа. В результате схема примет вид

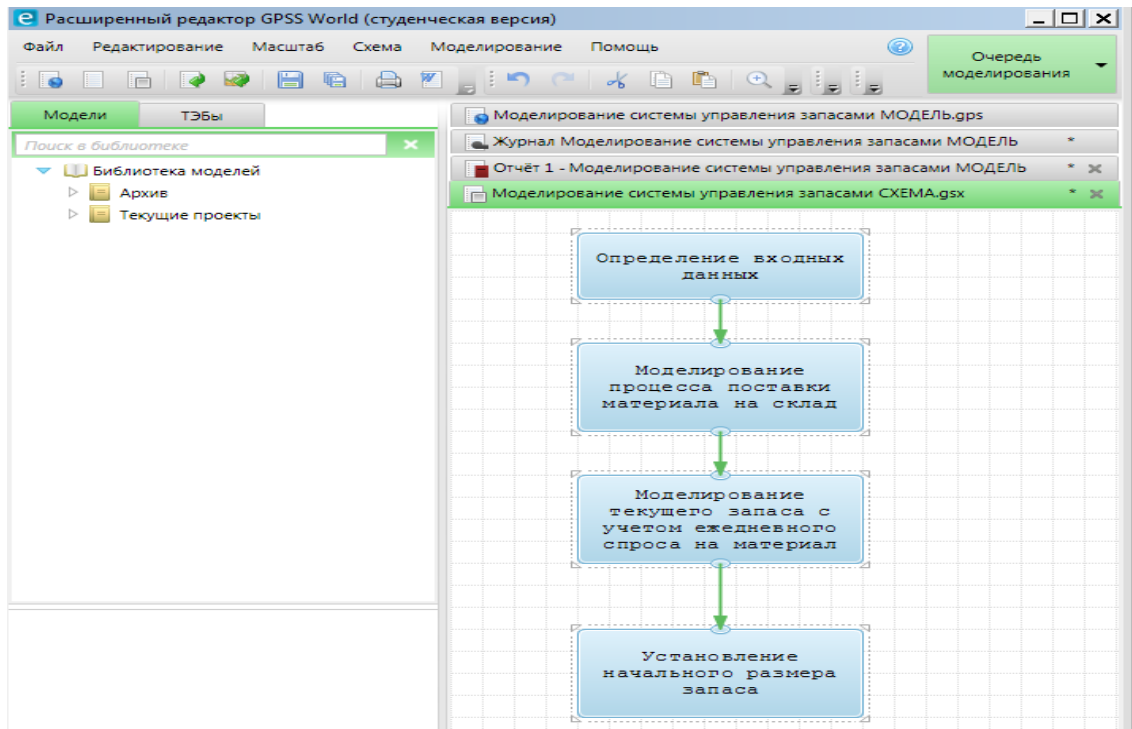


Рис.2.89. Схема «Система управления запасами»

Шаг 7. Создание модели на основе схемы и формирование отчета.

Для того чтобы создать модель на основе данной схемы, необходимо выбрать команду «Начать моделирование» из меню «Моделирование». При этом откроется окно сбора модели, после чего в панели вкладок откроется вкладка, представляющая собранную модель

```

* Модель «Схема системы управления запасами»
* Дата и время создания 16 апреля 2015 г. 13:20:25
*
* ТЗБ «Определение входных данных»
*
* Операторы модели
* Определение входных данных.
Zapas      STORAGE      2000      ; Вместимость склада.
Zapas      TABLE      S$Zapas,100,100,20 ; Гистограмма запаса.
Material   VARIABLE    Nach_ur-S$Zapas ; Размер заказа.
Sprov_m    VARIABLE    RN1@I5+35      ; Размер ежедневного спроса.
Nach_ur    EQU         1500           ; Начальный уровень запаса.
Postavka   EQU         1200           ; Размер поставки.

TERMINATE

* ТЗБ «Моделирование процессов поставки материала на склад»
*
* Операторы модели
* Моделирование процессов поставки материалов на склад
autoLabel_1 GENERATE    5,,,1      ; Поставка через 5 дней.
TEST L     S$Zapas,Postavka,Out ; Нужна ли поставка.
ASSIGN     2,V$Material        ; Размер заказа в P2.
ADVANCE    5                    ; Интервал поставки.
ENTER      Zapas,P2             ; Увеличить запас на P2.
Out        TERMINATE           ; Завершение заказа.

```

Рис.2.90. Полностью собранная GPSS модель «Система управления запасами»

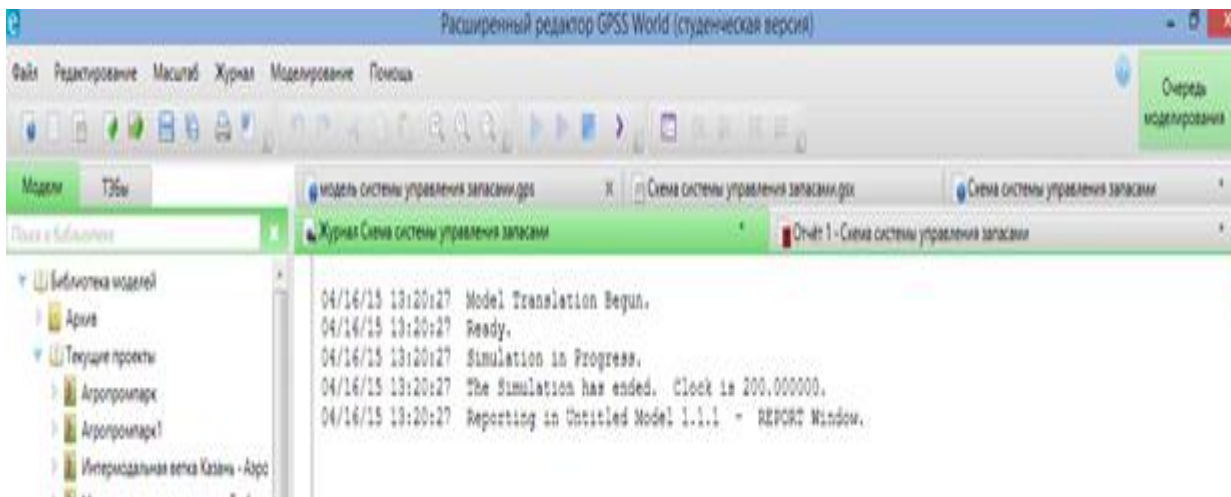


Рис.2.91. Журнал «Система управления запасами»

По окончании моделирования отобразится отчет работы модели

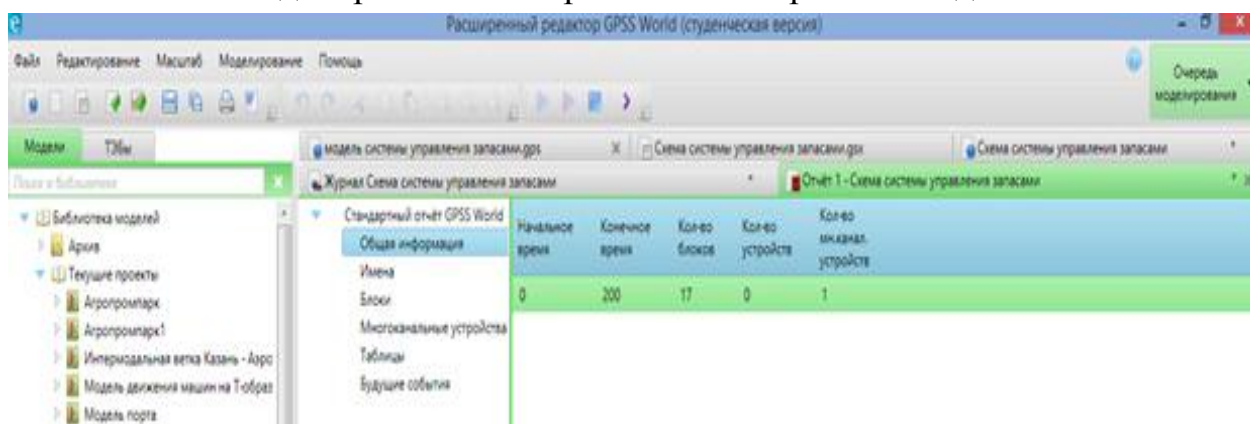


Рис.2.92 Отчет

Шаг 8. Построение графиков отдельных параметров функционирования системы.

1. В редакторе форм выберите Файл->Указать модель.

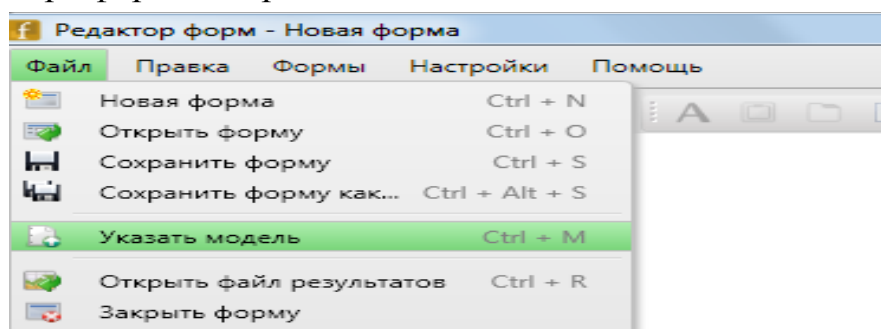


Рис.2.93. Указание модели

2. Укажите необходимую модель, нажав кнопку открыть.

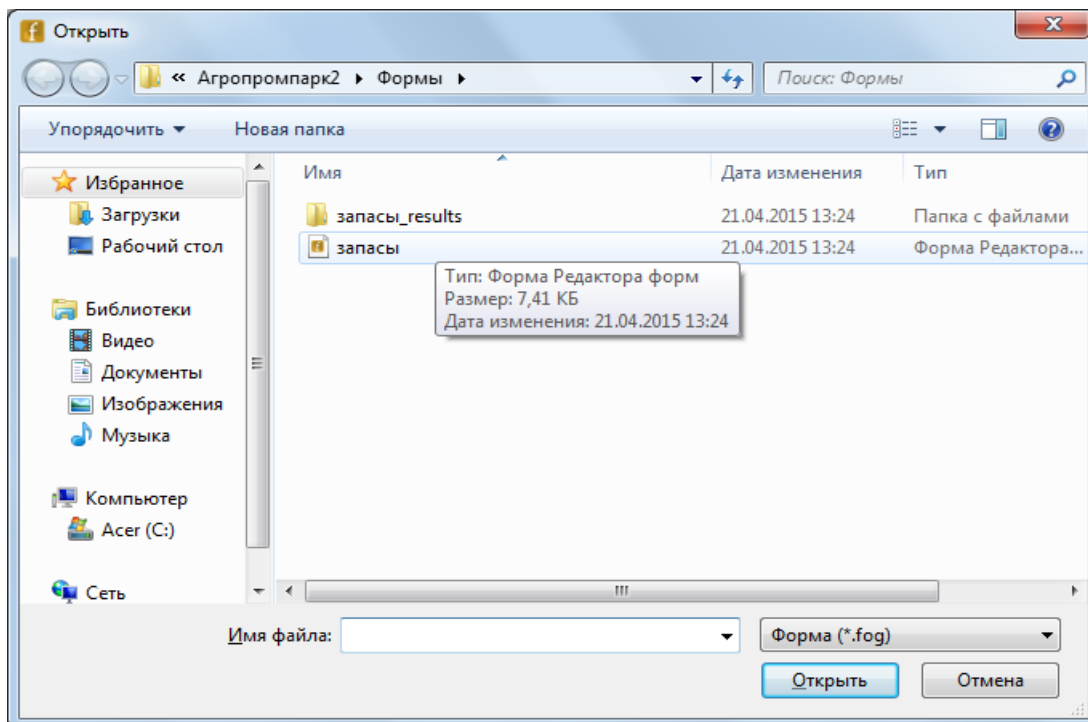


Рис.2.94. Путь к модели

3. Далее в редакторе нужно выбрать настройки модели (Формы - >Настройки модели), после выбора настроек нажмите ОК.

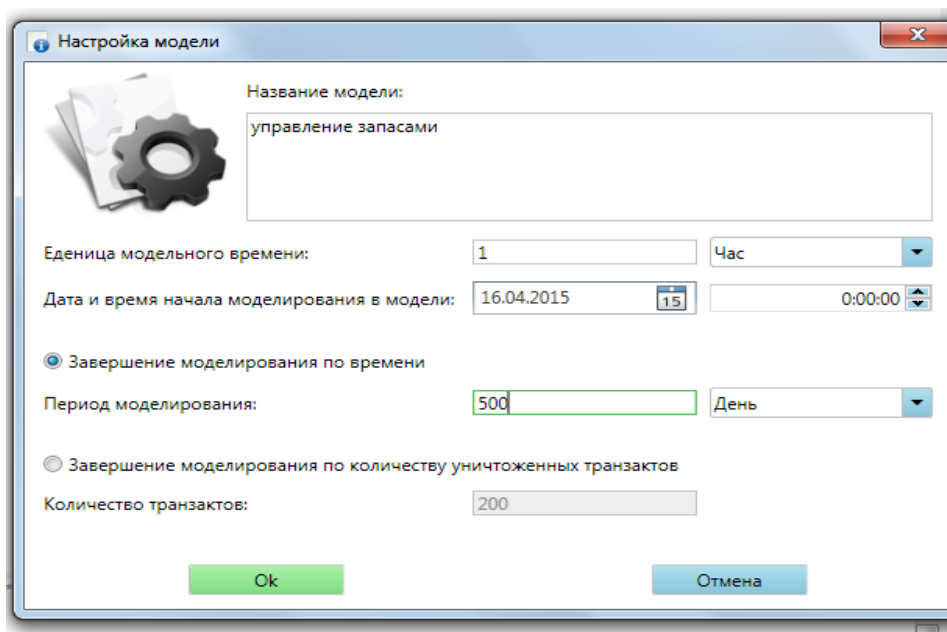


Рис.2.95. Настройка модели

4. Перейдите в настройки мониторинга (Формы -> Настройки мониторинга), и укажите следующие параметры и закройте окно.

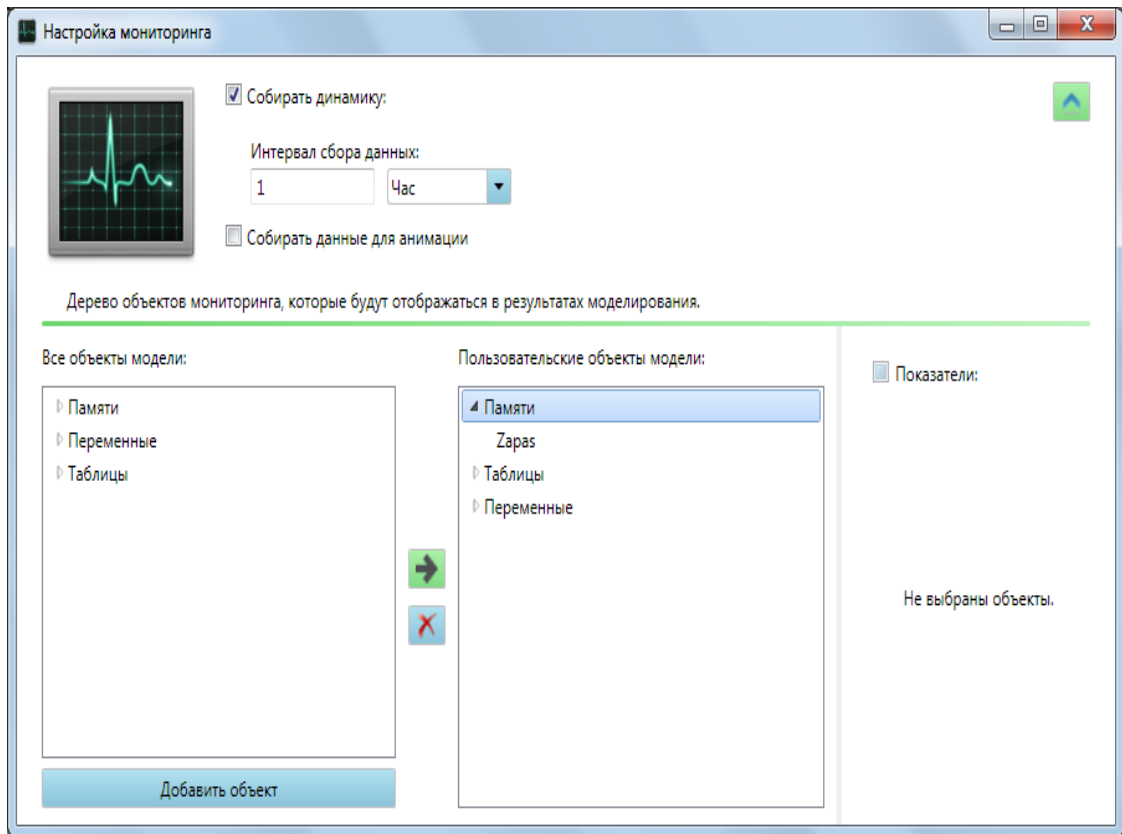


Рис.2.96. Настройка мониторинга

5. Определяем параметры выходных характеристик

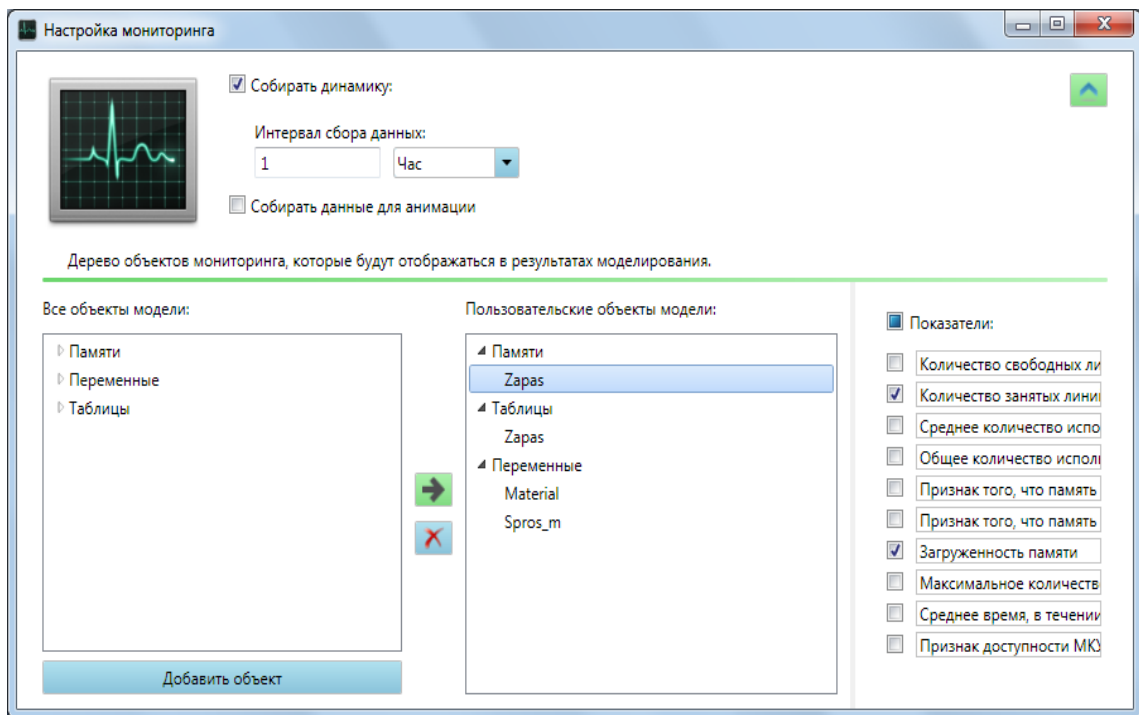


Рис.2.97. Настройка памяти

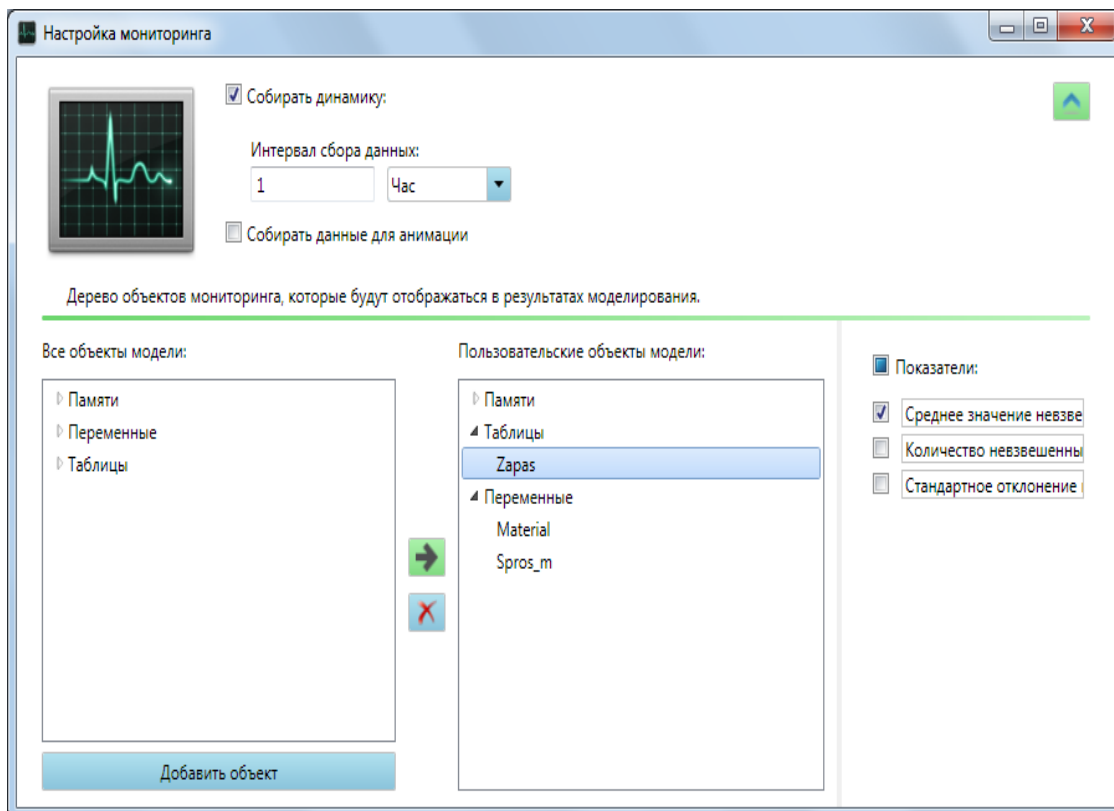


Рис.2.98. Настройка таблицы

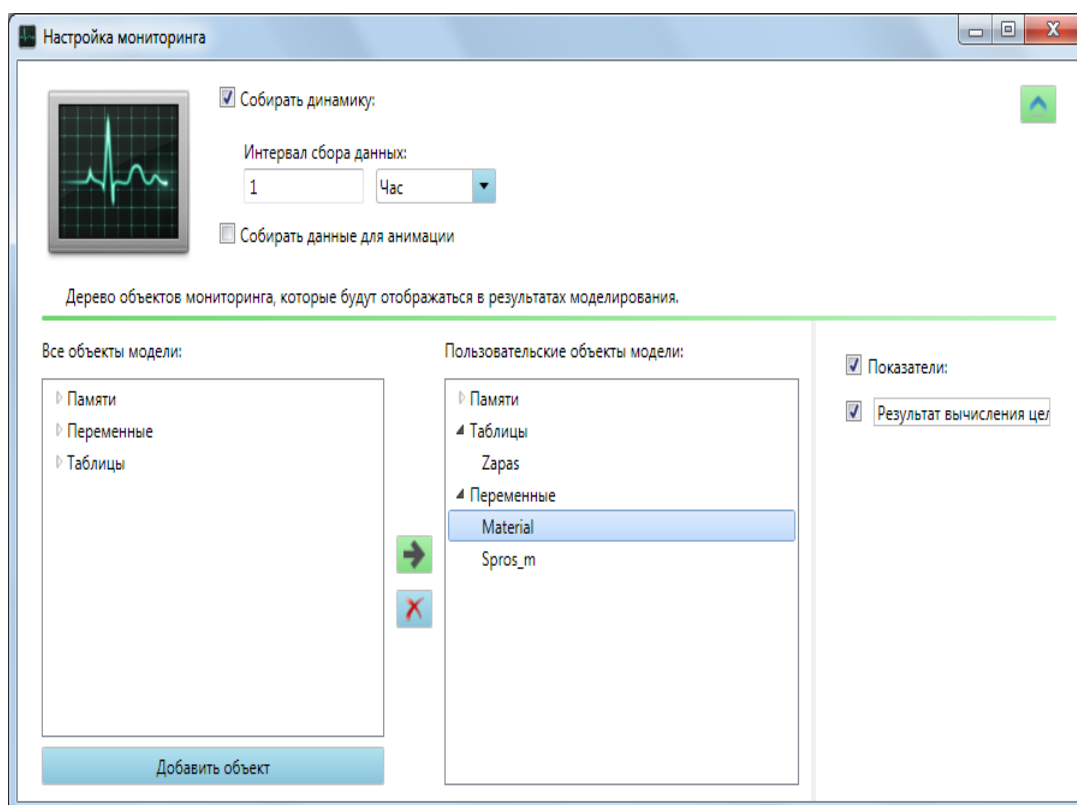


Рис.2.99. Настройка переменных

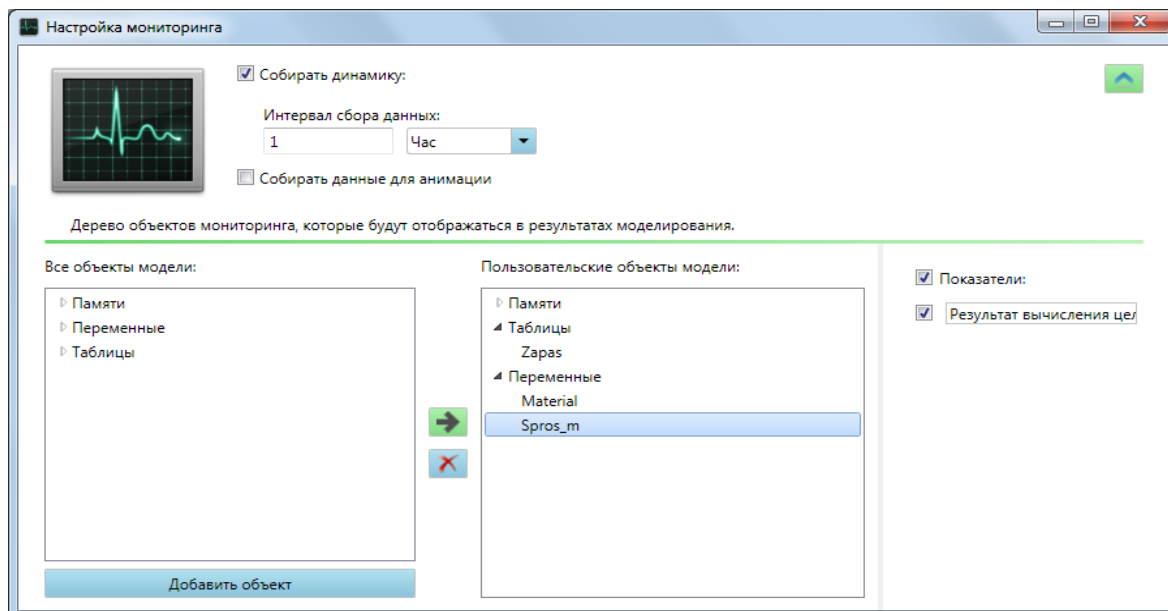


Рис.2.100. Настройка переменных

Шаг 9. Планирование экспериментов. Для планирования экспериментов входим в редактор форм *Форма - Планирование* эксперимента и начинаем заполнение таблицы с *Целевых показателей*, для этого откроем *Дерево объектов* для мониторинга, расположенного в правом верхнем углу. Перетаскиваем мышью характеристики, динамику которых мы хотим изучить (рис.2.17). Далее заполняем таблицу *Факторы*, из типа дерева: *Дерево текста модели*, затем таблицу *Плана эксперимента*.

1. Для этого нужно открыть окно планирования экспериментов и из дерева текста модели перенести «Операнд А» в указанное место предварительно выставив следующие параметры.

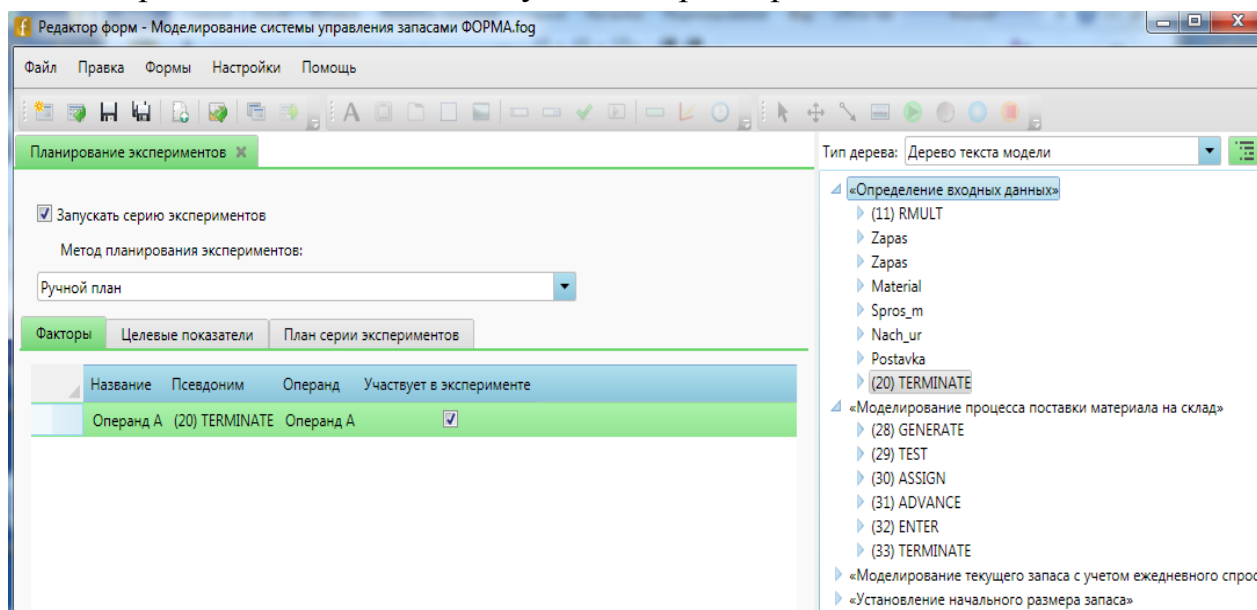


Рис.2.101 Окно планирования экспериментов

2. Далее во вкладку «Целевые указатели» из «Дерево объектов для мониторинга» перетащить следующие показатели.

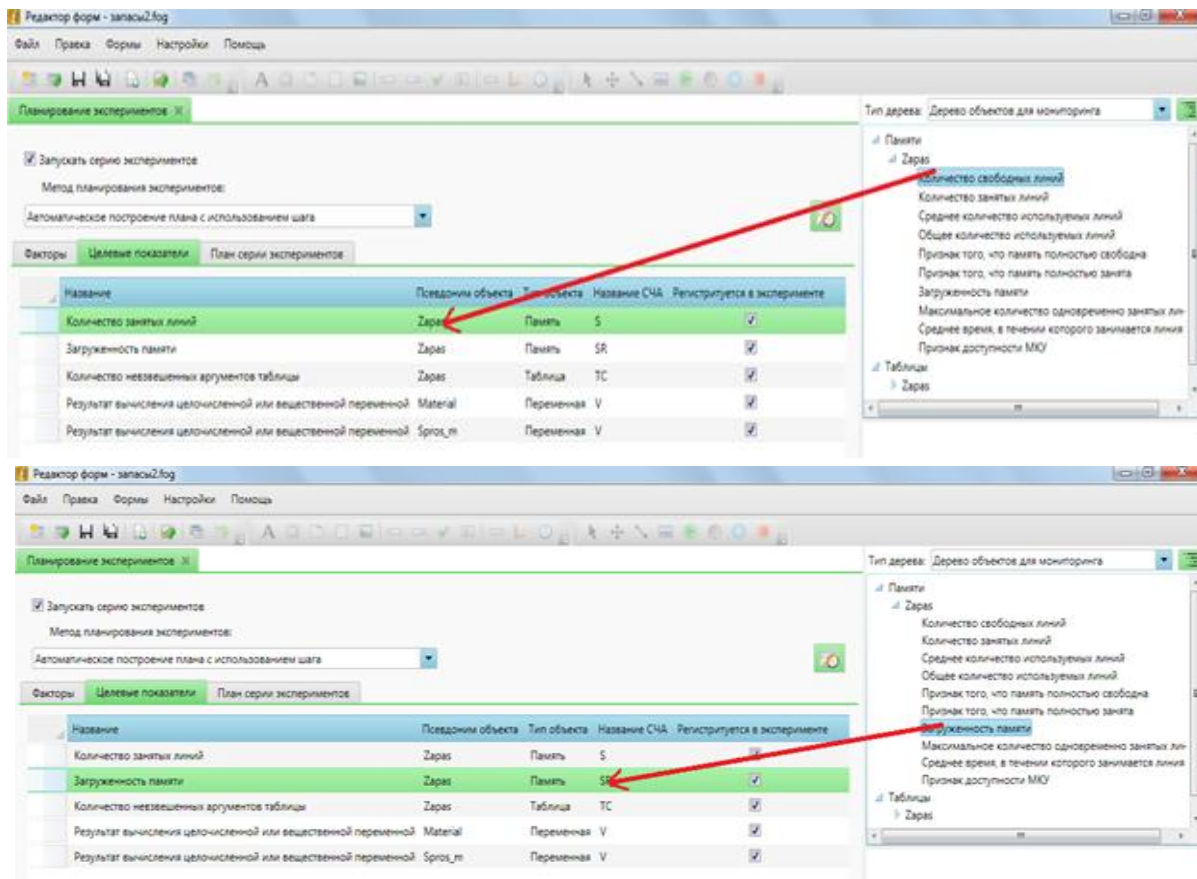


Рис.2.102. Окно планирования экспериментов

3. Перейти на вкладку «План серии экспериментов» и заполнить следующими параметрами.

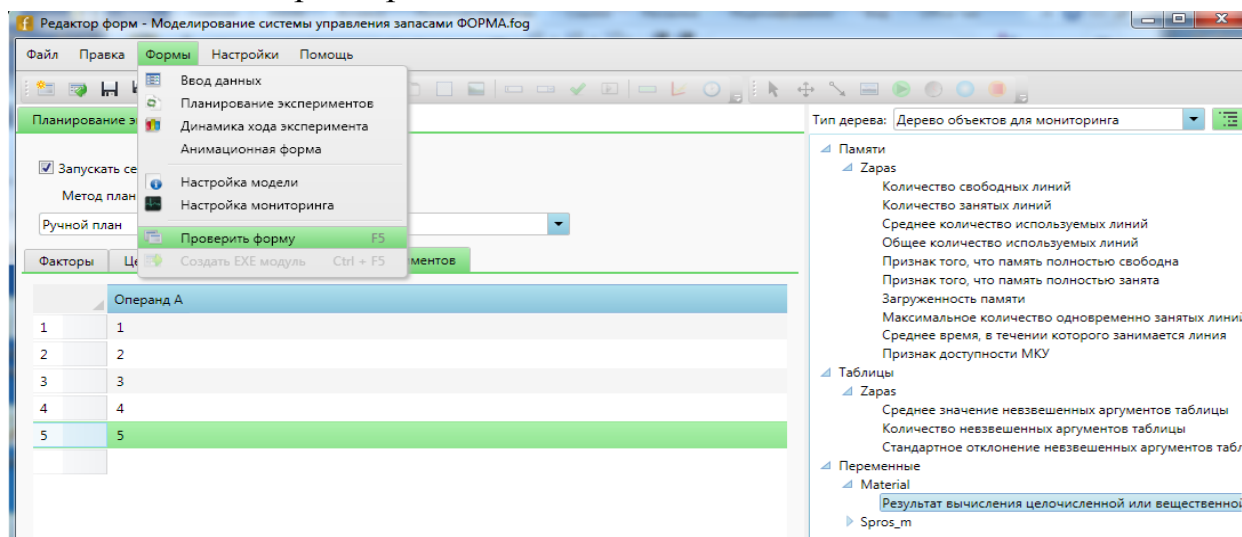


Рис.2.103. План серии экспериментов

4. Все данные заполнены, теперь можно посмотреть графики (Формы->Проверить форму).

5. Нужно перейти во вкладку «*Моделирование*» и нажать кнопку «*Начать моделирование*».

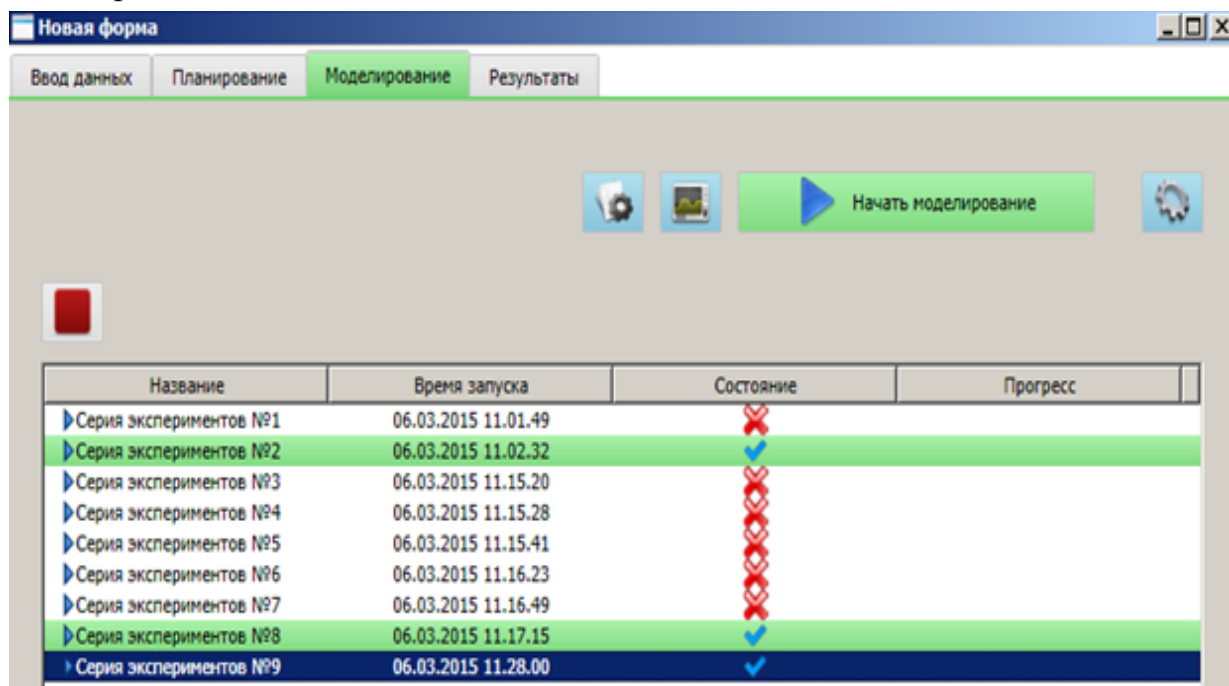


Рис.2.104. Начало моделирования

6. Для просмотра графиков нужно перейти во вкладку «*Результаты*», выбрав нужную серию экспериментов и нажав на вкладку «*Динамика показателей*».

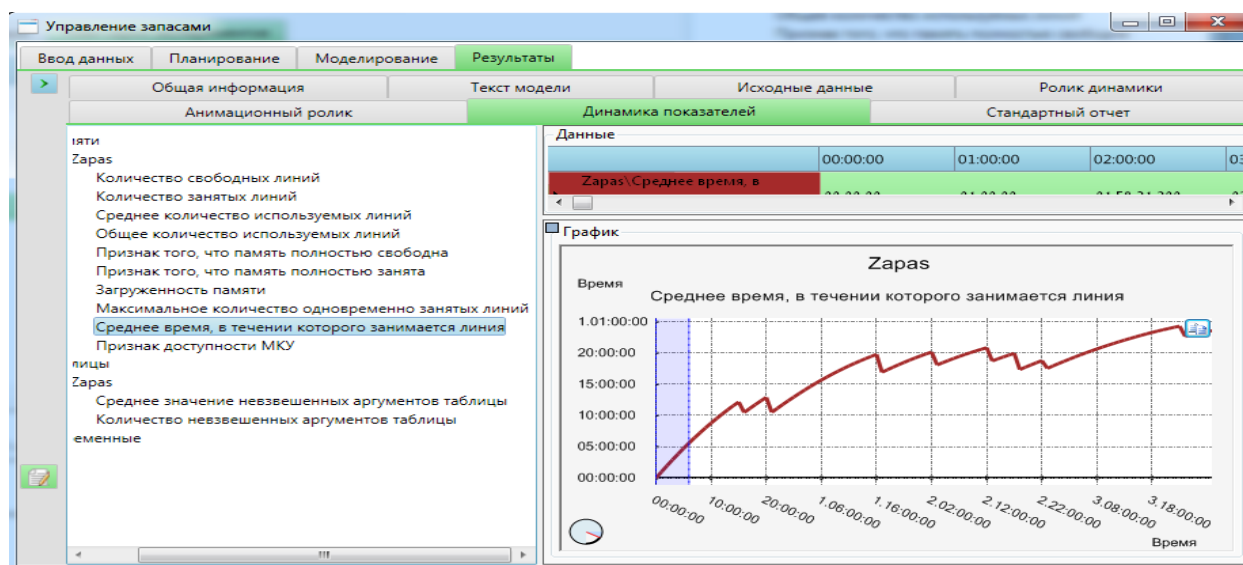


Рис.2.105. Пример выдачи графика на экран

График для текстового файла можно получить через вкладку *Произвести документацию*, левый нижний угол, через вкладку *Добавить отчет* и *Сохранить отчет*.

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Работа склада материалов на предприятии» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения интерфейса имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

2.6. Моделирование системы управления качеством

Постановка задачи[24]. Допустим, нам надо промоделировать систему управления качеством производственного процесса, включающего две операции обработки изделия с соответствующим контролем. Известны следующие параметры производственного процесса:

- поток изделий, поступающих на обработку, подчиняется экспоненциальному распределению вероятностей с параметрами $\lambda = 0$ и $\beta = 28$;
- время выполнения первой операции определяется с помощью дискретной числовой функции, а время на контроль этой операции составляет 3 мин;
- время выполнения второй операции определяется с использованием нормального распределения с параметрами $\mu = 22$, $\sigma = 3$, а время на контроль этой операции составляет 2 мин.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.

2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу

Задание на моделирование. На модели необходимо определить параметры функционирования производственного процесса в течение рабочей смены – 8 ч.:

- коэффициент загрузки каждого контролера;
- среднее время обслуживания каждым контролером;
- максимальное, среднее и текущее число изделий у каждого контролера и др.

Результаты моделирования представить в графической форме.

Выявление основных особенностей. Для моделирования производственного процесса необходимо сформировать входной поток изделий, поступающих на обработку с интервалом времени, соответствующим экспоненциальному закону. Интервал времени вычисляется по следующей формуле:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{(x-\lambda)}{\beta}}, \beta \geq 0.$$

В противном случае его значение равно 0.

Время выполнения первой операции определяется с помощью дискретной числовой функции, задаваемой семью парами чисел (точек):
(0,0),(.04,9),(.20,13),(.35,17),(.60,25),(.85,35),(1.0,50).

Время выполнения второй операции определяется с использованием нормального распределения, который представляется в таком виде:

$$f(x) = \frac{e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}$$

В качестве единицы измерения времени примем минуту.

Модель будем представлять в виде пяти сегментов. В первом секторе сформируем некоторые исходные и выходные данные.

Во втором и третьем секторах промоделируем соответственно выполнение операций и их контроль. В четвертом секторе будем решать вопрос об устранении брака в проконтролированных изделиях. В пятом секторе промоделируем продолжительность выполнения процесса, например, в течение 8-часовой рабочей смены.

Построение имитационной модели процесса

Шаг 1. Построение имитационной модели начнем с создания проекта в расширенном редакторе GPSS World. В окне редактора выбрать вкладку «Модели» - «Текущие проекты» - «Создать проект».

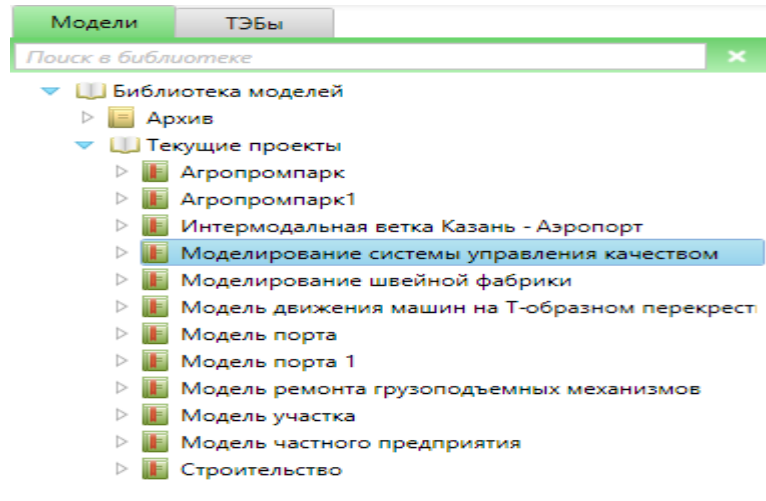


Рис.2.106. Создание проекта

В открывшемся окне указать имя проекта и описание.

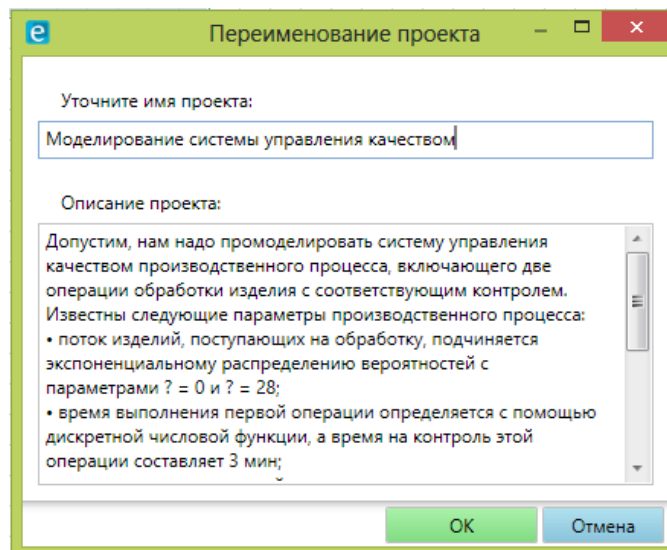


Рис.2.107. Описание проекта

Далее раскрываем созданную папку нашего проекта и удаляем файл модели, т.к. он нам не нужен, код будет собираться по схеме. Правой кнопки мыши выбираем пункт «Создать схему».

Шаг 2. Теперь нам нужно создать ряд ТЭБов, с помощью правой кнопки мыши – «Создать ТЭБ».

В первом ТЭБе «Поток изделий, поступающих на обработку» будем формировать некоторые исходные и выходные данные. Создадим GPSS–модель. Ис-

пользуем оператор **RMULT**, чтобы задать начальное значение для работы генератора случайных чисел. В нашей задаче мы будем использовать датчик случайных чисел RN1. По умолчанию, когда не используется оператор **RMULT**, начальное значение для работы генератора случайных чисел равно его номеру – для нашей задачи это 1:

RMULT 231

Далее используем оператор **TABLE** (Таблица) для сбора информации и вывода ее в виде графика:

Time_obrab TABLE M1,100,20,7

Эта запись означает, что стандартный числовой атрибут M1 должен быть выведен в табличном виде. Нижний предел переменной (поле B) равен 100, приращение (поле C) равно 20 и число приращений (поле D) равно 7.

Стандартный числовой атрибут M1 – это время всего процесса обработки изделия (требования), включая и операции контроля. Это время определяется как разность абсолютного времени функционирования системы и времени вхождения изделия (требования) в оператор **TABULATE**.

Далее определим дискретную числовую функцию для вычисления времени выполнения первой операции. В системе GPSSW она представляется в таком виде:

Oper_1 FUNCTION RN1,D7 0,0/.04,9/.20,13/.35,17/.60,25/.85,35/1.0,50

Все это будет записано в первом ТЭБе «Поток изделий, поступающих на обработку». Единица модельного времени – минута.

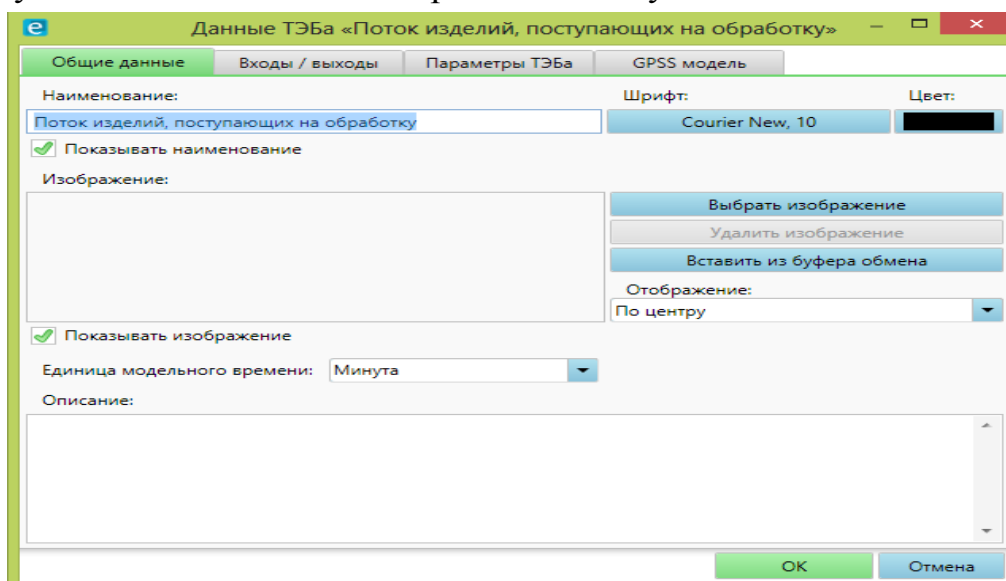


Рис.2.108. Общие данные ТЭБа «Поток изделий»

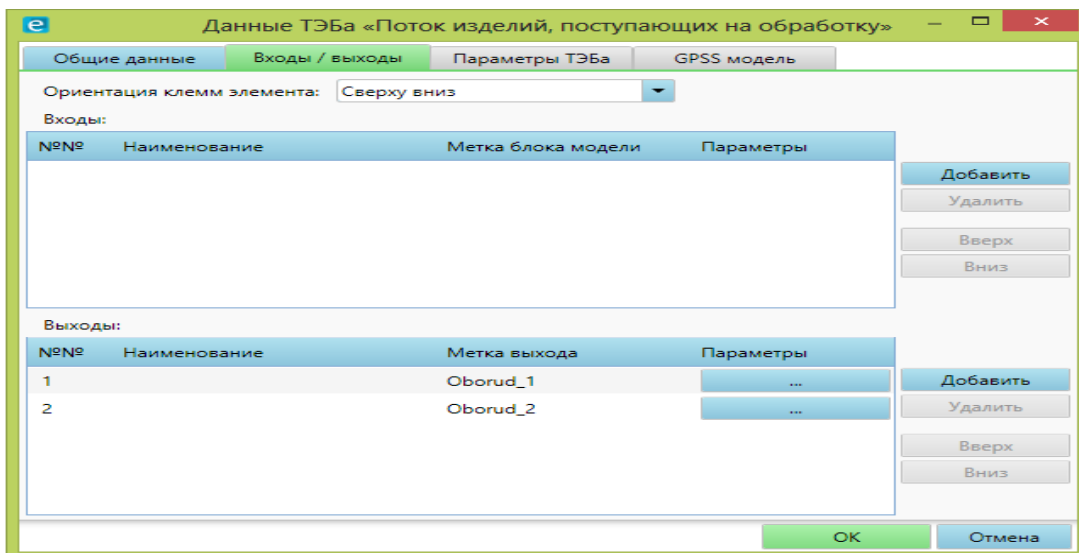


Рис.2.109. Выходы ТЭБа «Поток изделий»

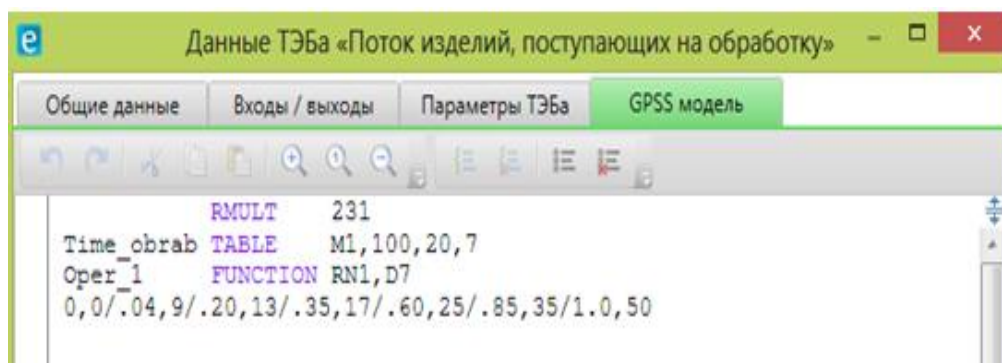


Рис.2.110. Код ТЭБа «Поток изделий»

Шаг 3.Создание второго сектора или ТЭБа модели начнем с моделирования потока изделий, поступающих на обработку. Это действие будем выполнять с помощью оператора **GENERATE** (Генерировать). Нам необходимо сформировать поток изделий, поступающих на обработку, который подчиняется экспоненциальному распределению вероятностей. Это можно сделать двумя способами, используя:

- эмпирические распределения, которые можно создать с помощью команды
- **FUNCTION** (Функция) языка GPSS, используя дискретные (тип D) или непрерывные (тип C) случайные функции;
- встроенные процедуры распределений вероятности.

Каждый вызов процедуры распределения вероятности требует, чтобы вы определили параметр потока, номер генератора случайных чисел.

В нашем примере оператор **GENERATE** запишется в таком виде:

GENERATE (Exponential(1,0,28))

В поле операнда А указывается обращение к библиотечной процедуре – экспоненциальному распределению вероятности.

Далее определим с помощью функции по имени Oper_1 длительность выполнения первой операции и сохраним ее значение в параметре изделия (требования) под номером 1. Это можно сделать с помощью оператора **ASSIGN** (Присвоить). В нашей задаче этот оператор может быть записан в таком виде:

ASSIGN 1, FN\$Oper_1

В поле операнда А указывается номер требования, в которое записывается значение операнда В. В операнде В выполняется обращение к функции по имени Oper_1 с помощью стандартного числового атрибута FN<имя>. Если используется символическое имя, то между именами стандартного числового атрибута и функции ставится знак \$.

Далее необходимо промоделировать процесс выполнения первой операции на первом оборудовании. Это начинается с оператора **SEIZE** (Занять) с меткой **Oborud_1**, который определяет занятость первого оборудования, выполняющего первую операцию, но с предшествующим изделием. И при окончании выполнения операции следующее изделие (требование) поступает на обработку на первое оборудование (объект), что моделируется оператором **ADVANCE** (Задержать).

Окончание обработки фиксируется оператором **RELEASE** (Освободить) с той же меткой **Oborud_1**.

В поле операнда А дается символьное или числовое имя оборудования (объекта). Таких каналов обслуживания в системе может быть очень много. Желательно, чтобы присваиваемое имя отражало суть описываемого элемента системы.

Все эти действия могут быть представлены так:

Oper1 SEIZE Oborud_1
ADVANCEP1
RELEASEOborud_1

Операторы **SEIZE** и **RELEASE** предназначены для сбора статистики по каналу обслуживания, с которым они используются.

Далее моделируется время работы контролера по оценке качества выполненной операции. Это может быть выполнено оператором **ADVANCE**. Время контроля, равное 3 мин, записывается в поле операнда А. Допустим, что 15%

всех изделий бракуется. Однако есть возможность повторить операции обработки для некоторых изделий. Эту часть модели можно записать так:

ADVANCE 3

TRANSFER .150,,Ustr_brak_1

Таким образом, в нашей задаче 15% изделий направляются в четвертый сегмент к оператору с меткой Ustr_brak_1.

Аналогичные действия проводятся с изделием при выполнении второй операции на втором оборудовании. Это можно записать так:

Oper2 SEIZE Oborud_2
ADVANCE (Normal(1,22,3))
RELEASE Oborud_2
ADVANCE 2
TRANSFER .060,,Ustr_brak_2
TABULATE Time_obraб
TERMINATE 1

Здесь время выполнения второй операции определяется с использованием нормального закона распределения, встроенного в систему. Оператор **TABULATE** предназначен для контроля времени выполнения всего производственного процесса, а оператор **TERMINATE** выводит обработанное изделие из системы.

Второй ТЭБ «Оборудования»:

Данные ТЭБа «Оборудования»

Общие данные | Входы / выходы | Параметры ТЭБа | GPSS модель

Наименование: Оборудование

Шрифт: Courier New, 10

Цвет: [Черный]

Показывать наименование

Изображение: [Пусто]

Показывать изображение

Единица модельного времени: Минута

Описание: [Пусто]

Выбрать изображение

Удалить изображение

Вставить из буфера обмена

Отображение: По центру

OK Отмена

Рис.2.111. Общие данные ТЭБа «Оборудования»

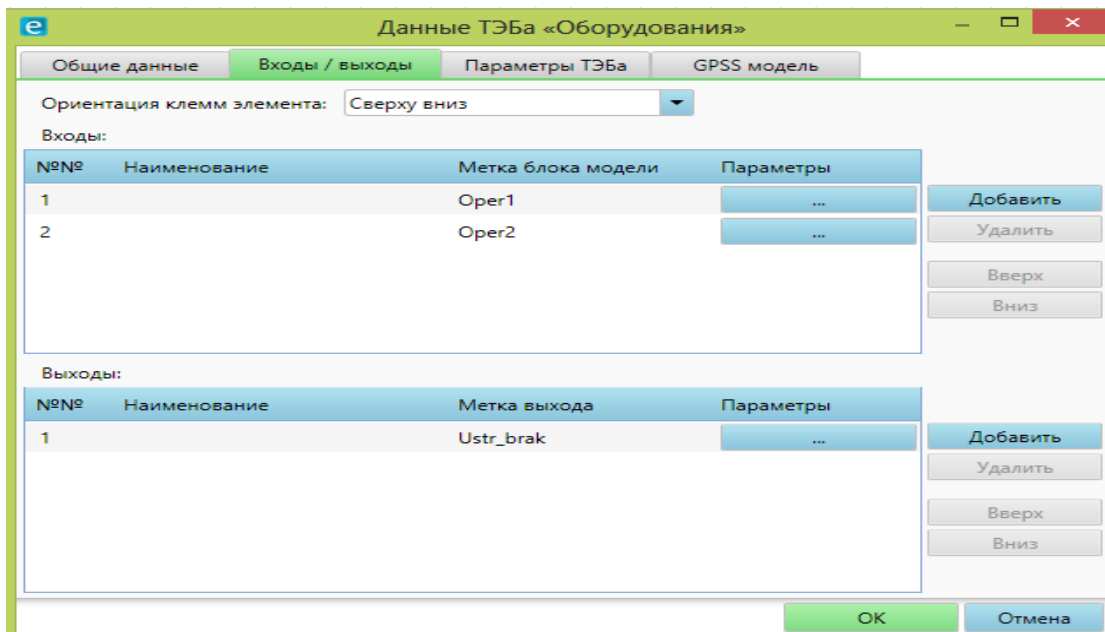


Рис.2.112. Выход ТЭБа «Оборудования»

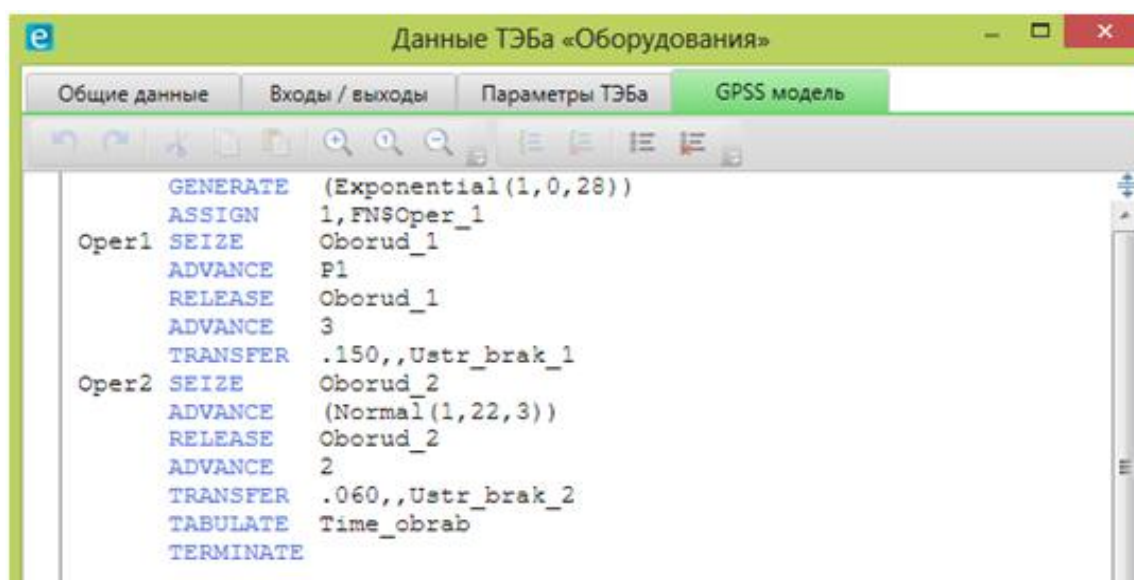


Рис.2.113. Код ТЭБа «Оборудования»

Шаг 4. Перейдем теперь к созданию четвертого ТЭБа «Устранение брака», в котором определяется возможность устранения брака путем возвращения изделия на повторную обработку. При этом из всех забракованных изделий на первую операцию возвращается 30%, а на вторую – 60%. Это можно записать так:

```

Ustr_brak_1 TRANSFER .300,,Oper1
TERMINATE
Ustr_brak_2 TRANSFER .600,,Oper2
TERMINATE

```

Далее используется оператор **TRANSFER** (Передать) в вероятностном режиме передачи требования к оператору с указанной меткой в поле операнда С. В этом режиме в поле операнда А указывается вещественное число меньше 1. Активное требование переходит к местоположению, указанному в поле операнда С, с вероятностью, данной операндом А. Если операнд А – неотрицательное целое число, то он интерпретируется как одна тысячная и преобразуется в значение вероятности. Например, строка

Ustr_brak_1 TRANSFER .300,,Oper1

означает, что когда требование входит в оператор **TRANSFER**, оно переходит к оператору с меткой Oper1 с вероятностью 0,700, а с вероятностью 0,300 – к следующему оператору.

Это четвертый ТЭБ «Устранение брака».

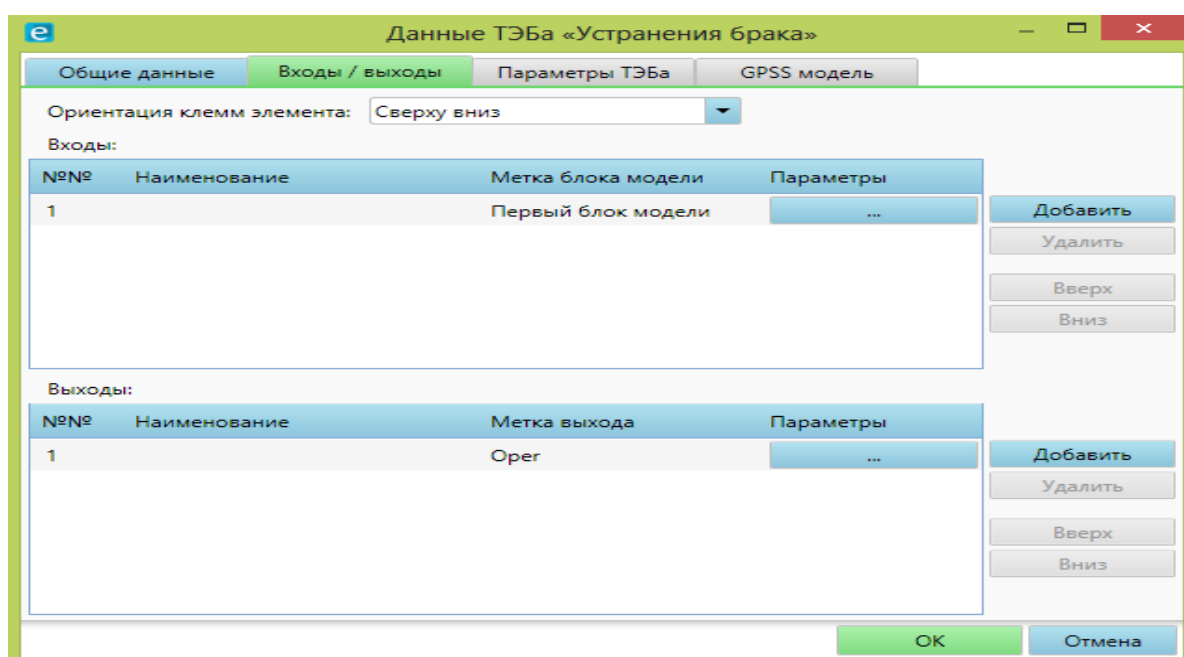


Рис.2.114. Вход/выход ТЭБа «Устранения брака»

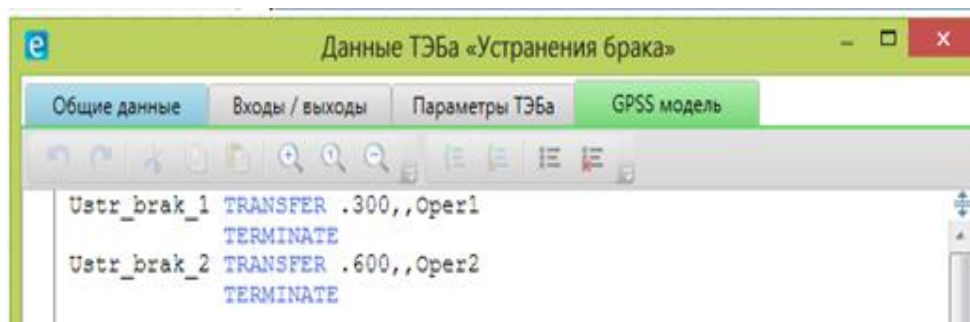


Рис.2.115. Код ТЭБа «Устранения брака»

Шаг 5. И наконец, мы должны создать пятый сегмент ТЭБ «Оценка качества», который будет моделировать работу системы управления качеством в течение рабочей смены, равной 8 ч. Поскольку моделирование производственного процесса проводится в минутах, то время моделирования системы будет равно $8 \times 60 = 480$ мин. Этот сегмент будет выглядеть так:

GENERATE 480
TERMINATE 1

Завершающим оператором в нашей задаче является **START**, дающий команду начать моделирование:

START 1

Пятый сегмент запишем в последний ТЭБ «Оценка качества».

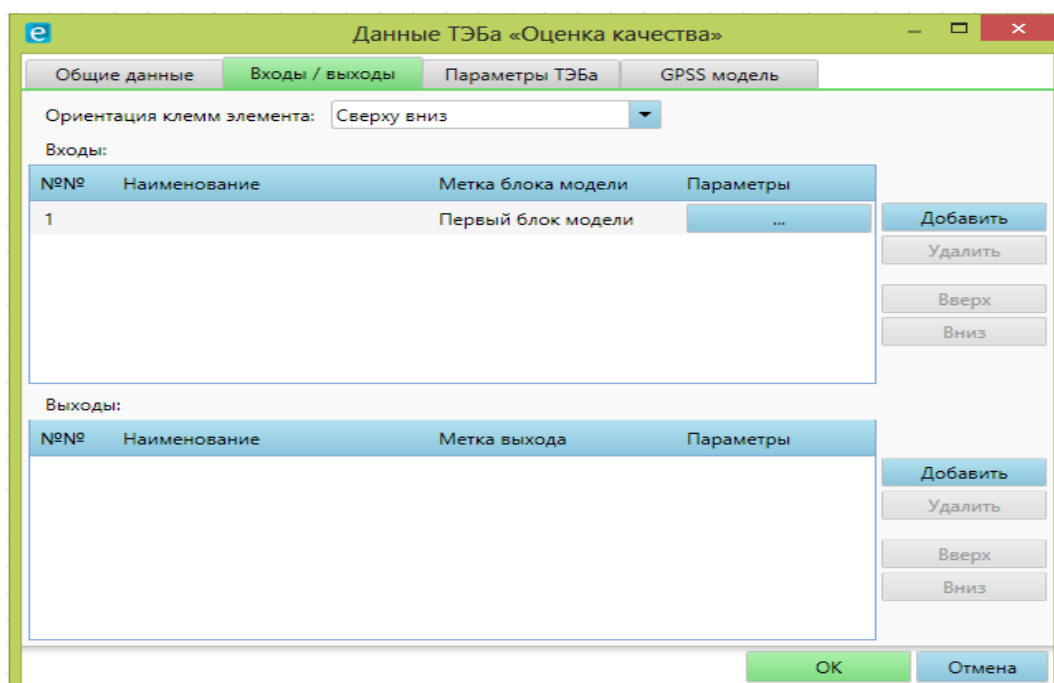


Рис.2.116. Вход ТЭБа «Оценка качества»

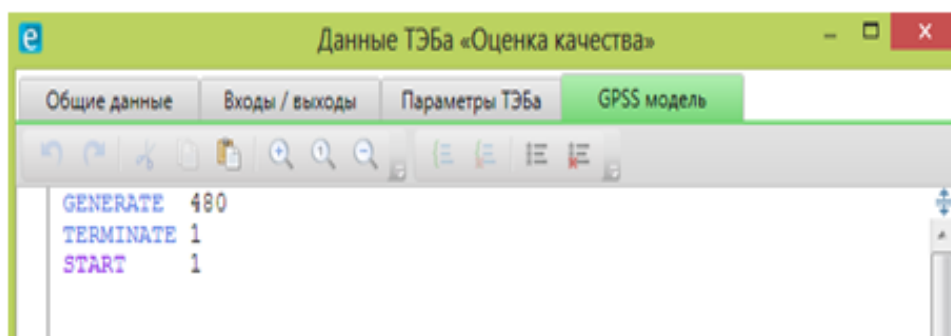


Рис.2.117. Код ТЭБа «Оценка качества»

Итоговая схема должна выглядеть так:



Рис.2.118. Итоговая схема модели

Шаг 6.Теперь соберем модель по нашей схеме. Для этого нажмем кнопку «Собрать модель» на верхней панели.



Панель инструментов для схемы

Должен выйти следующий код модели:

```

Моделирование системы управления качеством.gps  X
.....
* Модель «Моделирование системы управления качеством»
* Дата и время создания 10 апреля 2015 г. 12:38:03
.....

+ ТЗБ «Поток изделий, поступающих на обработку»

+ Операторы модели
Time_obrab  RMULT      M1,100,20,7
Oper_1      FUNCTION   RN1,D7
0,0/.04,9/.20,13/.35,17/.60,25/.85,35/1.0,50

+ Выход №1 «»
+ Выход №2 «»

+ ТЗБ «Оборудования»

+ Операторы модели
Oper1       GENERATE   (Exponential(1,0,28))
            ASSIGN    1, FN$Oper_1
            SEIZE     Oborud_1
            ADVANCE   P1
            RELEASE   Oborud_1
            ADVANCE   3
Oper2       TRANSFER  .150,,Ustr_brak_1
            SEIZE     Oborud_2
            ADVANCE   (Normal(1,22,3))
            RELEASE   Oborud_2
            ADVANCE   2
            TRANSFER .060,,Ustr_brak_2
            TABULATE  Time_obrab
            TERMINATE
  
```

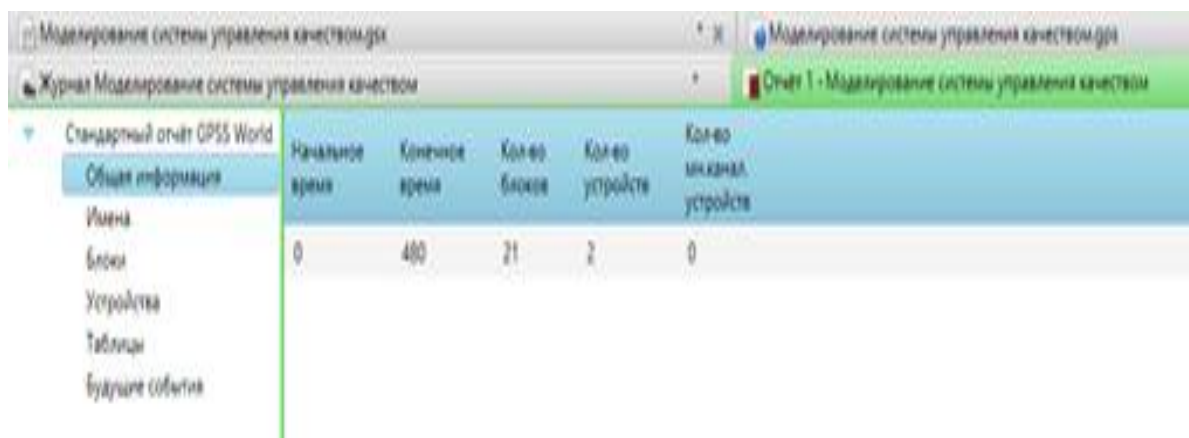
Рис.2.119. Код модели

Шаг 7. Моделирование системы. Теперь осталось запустить моделирование, нажав кнопку «Начать моделирование» на верхней панели.



Рис.2.120. Панель моделирования

После моделирования появиться стандартный отчет.

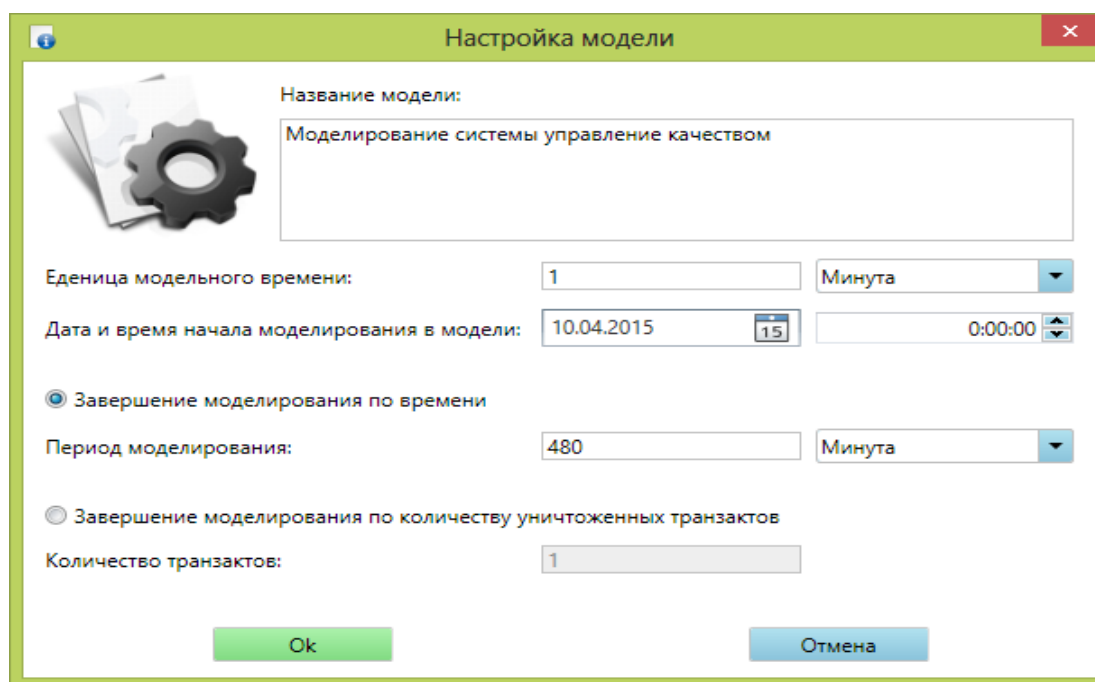


Стандартный отчет GPSS World	Начальное время	Конечное время	Коло-блоки	Коло-устройства	Коло-канал-устройства
Общая информация	0	480	21	2	0
Имена					
Блоки					
Устройства					
Таблицы					
Будущие события					

Рис.2.121. Стандартный отчет GPSS

Шаг 8. Построение графиков

Откроем редактор форм GPSS.«Файл» - «Новая форма». Далее: «Файл» - «Указать модель». Выбираем нашу ранее созданную модель. Далее настроим модель. «Форма» - «Настройка модели»:



Настройка модели

Название модели:
Моделирование системы управление качеством

Единица модельного времени: 1 Минута

Дата и время начала моделирования в модели: 10.04.2015 0:00:00

Завершение моделирования по времени

Период моделирования: 480 Минута

Завершение моделирования по количеству уничтоженных транзактов

Количество транзактов: 1

Ok Отмена

Рис.2.122. Настройка модели

Потом займемся настройкой мониторинга. «Формы» - «Настройка мониторинга»:

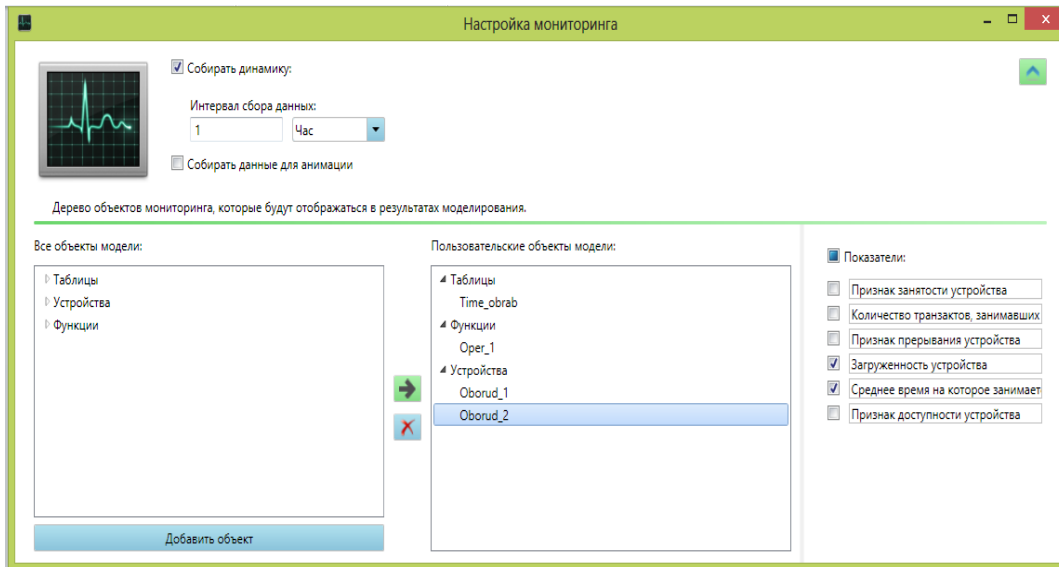


Рис.2.123. Настройка мониторинга

Нас интересуют показатели: загруженность устройства и среднее время занятости прибора.

Далее открываем «Планирование эксперимента» из вкладки «Формы».

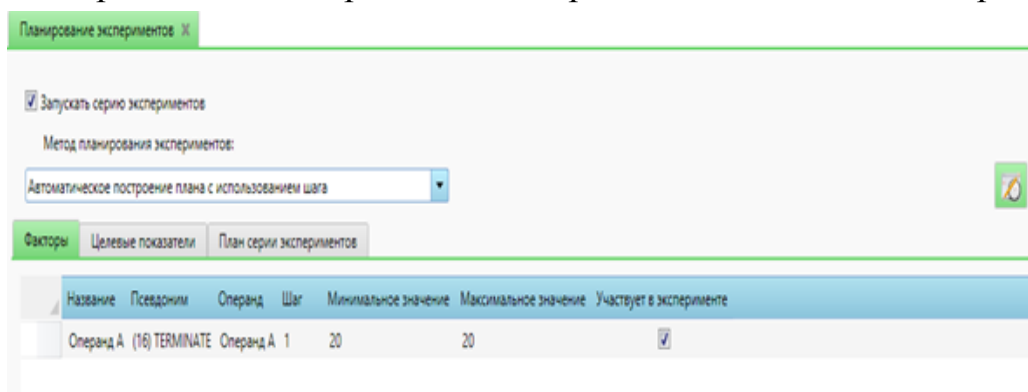


Рис.2.124. Планирование эксперимента

Операнд А выносится из правого окна:

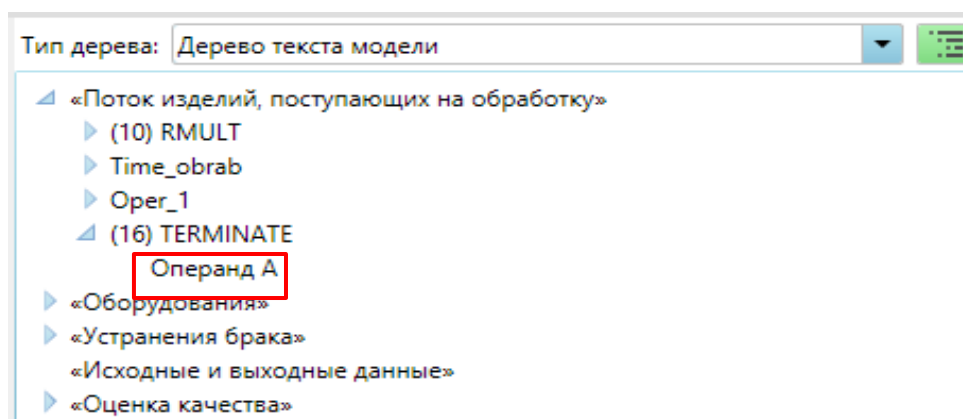


Рис.2.125. Дерево текста модели

Заполняем оставшиеся вкладки:

	Название	Псевдоним объекта	Тип объекта	Название СЧА	Регистрируется в эксперименте
<input type="checkbox"/>	Загруженность устройства	Oborud_1	Устройство	FR	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Среднее время на которое занимается устройство	Oborud_1	Устройство	FT	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Загруженность устройства	Oborud_2	Устройство	FR	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Среднее время на которое занимается устройство	Oborud_2	Устройство	FT	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис.2.126. Целевые показатели

	Операнд А
1	15
2	16
3	17

Рис.2.127. План серии экспериментов

После того как все заполнили, выбираем «Формы» - «Проверить форму». Нажимаем «Начать моделирование».

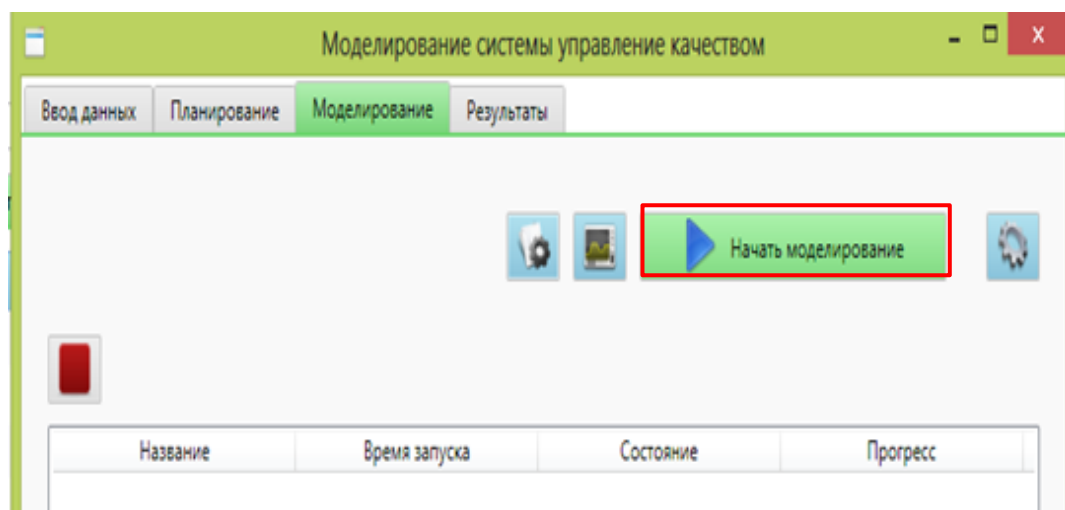


Рис.2.128. Моделирование

Выбираем вкладку «Результаты». Здесь выбираем серию экспериментов и сам эксперимент.

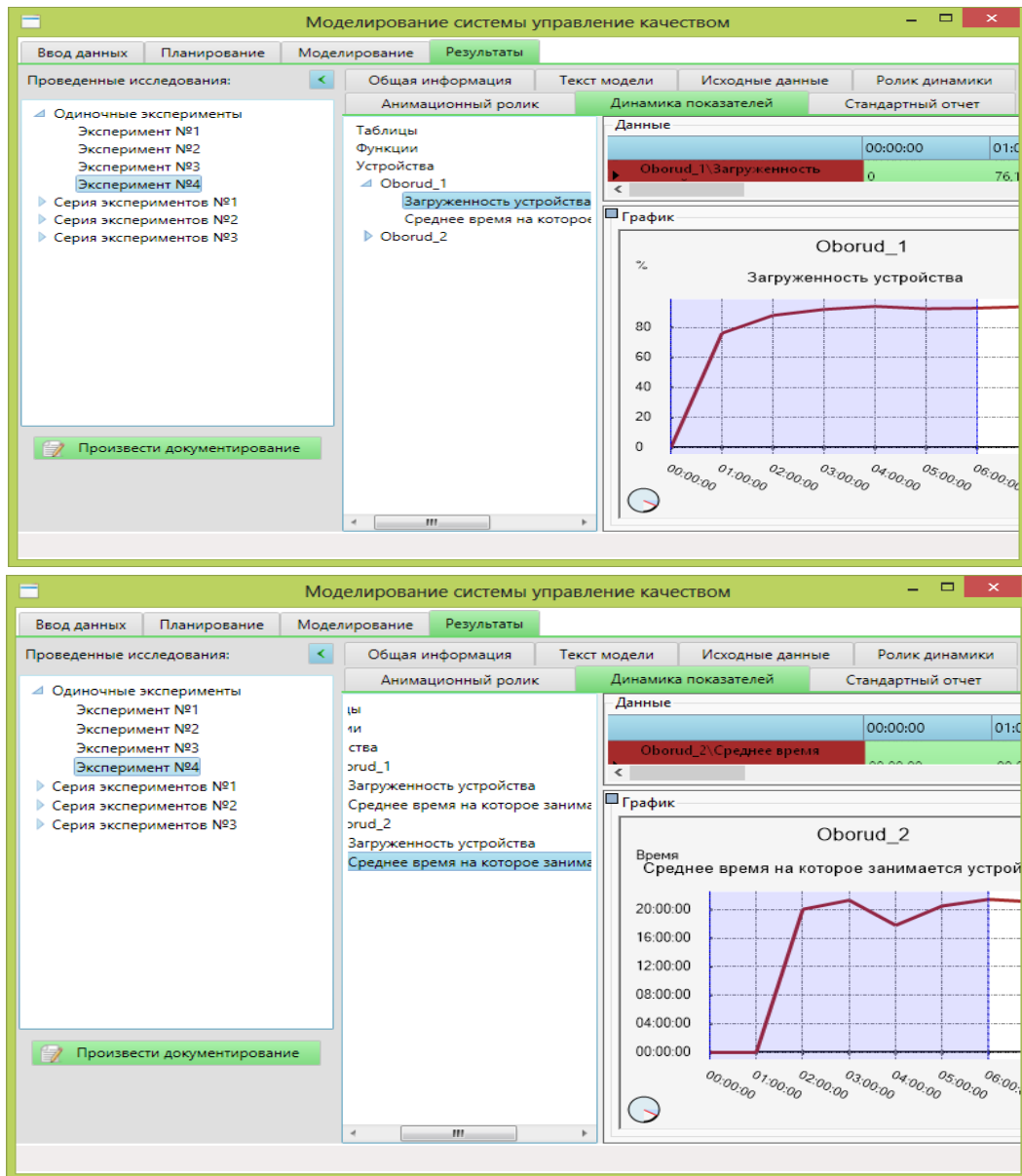


Рис.2.129. Результаты моделирования

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Систем контроля качества» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты. Для удобства работы с интерфейсом имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик системы обслуживания.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.

3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.). Например, вывести графики загруженности обоих устройств в течение 2 суток и т.д.
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.
Например, имитационная модель «Работа системы контроля качества» достаточно адекватна, однако представляет интерес включение в систему третьего оборудования, поток изделий для которого формируется по нормальному закону распределения с параметрами $\mu = 30$, $\sigma = 4$. Время на контроль операции 4 мин. Бракуется 20% изделий. Из всех забракованных изделий на операцию возвращается 40%.

ГЛАВА 3. УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

3.1. Моделирование работы супермаркета

Постановка задачи[24]. Допустим, нам надо промоделировать работу супермаркета, который имеет место для парковки 100 автомобилей. Если все места парковки автомобилей заняты, то автомобиль покидает супермаркет. Время прихода покупателей с места парковки автомобиля в магазин подчиняется равномерному закону и составляет 60 ± 40 с.

Моделирование проводится в течение рабочей смены, равной 8 ч. Магазин имеет 100 ручных тележек и 50 корзин для транспортировки купленных товаров. Магазин имеет пять кассовых аппаратов (кассиров), но первый из них предназначен для быстрого обслуживания покупателей с единичными покупками.

Поток покупателей (требований), приходящих в магазин за покупками, экспоненциальный.

Экспоненциальное распределение вероятности представляется в таком виде:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{(x-\lambda)}{\beta}}, \beta \geq 0.$$

В противном случае оно равно 0.

При этом известно, что в интервале времени:

- от 0 до 30 мин параметры λ и β соответственно равны 0 и 60;
- от 30 до 90 мин параметры λ и β соответственно равны 0 и 40;
- от 90 до 150 мин параметры λ и β соответственно равны 0 и 80;
- свыше 150 мин параметры λ и β соответственно равны 0 и 120.

Если покупатель приобретает более 10 видов товаров, то необходима тележка, в противном случае используется корзина. Число приобретенных товаров определяется с помощью датчика случайных чисел.

Требуется определить параметры функционирования супермаркета:

- коэффициент загрузки всех касс;
- максимальное, среднее и текущее число покупателей в каждой очереди;
- среднее время обслуживания в каждом канале обслуживания;
- среднее время нахождения покупателя в каждой очереди и др.

Также нужно построить следующие гистограммы:

- времени нахождения покупателей в системе;
- числа покупок, сделанных в течение смены;

- числа покупателей, посетивших супермаркет в течение смены.

Выявление основных особенностей. Для моделирования работы супермаркета необходимо сформировать входной поток покупателей (требований) и временной интервал моделирования работы супермаркета. Но перед этим необходимо выбрать единицу измерения времени.

Для моделирования работы супермаркета можно взять в качестве единицы измерения времени секунду. Тогда общее время моделирования составит $8 \times 60 \times 60$ с.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу

Создание имитационной модели процесса

Построение имитационной модели процесса начнем с создания логики обслуживания покупателя в супермаркете в виде схемы. Построение этой схемы является на самом деле разработкой проекта имитационной модели.

Общая схема работы супермаркета выглядит следующим образом:

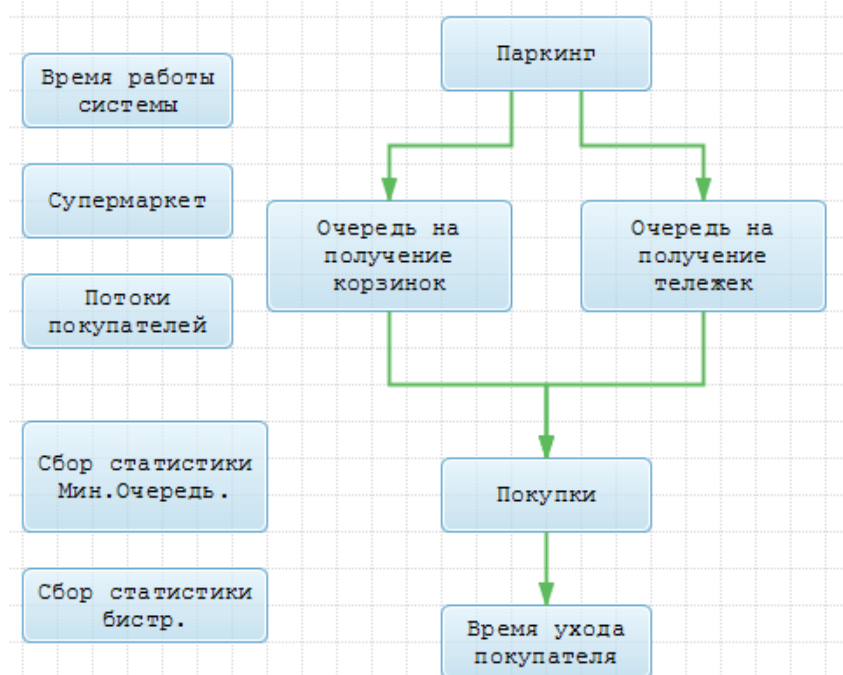


Рис.3.1. Схема проекта работы супермаркета

В ТЭБе *Время работы системы* моделируется время работы системы.

В ТЭБе *Супермаркет* описывается информация, необходимая для функционирования супермаркета.

В ТЭБе *Поток покупателей* моделируются различные потоки покупателей в супермаркет.

В ТЭБе *Паркинг* описывается поступление покупателей в супермаркет, определяется число покупок, их стоимость и направление покупателей к местоположению корзинок или ручных тележек.

В ТЭБе *Очередь на получение корзинок* осуществляется сбор статистической информации по очереди, связанной с получением корзинок.

В ТЭБе *Очередь на получение тележек* осуществляется сбор статистической информации по очереди, связанной с получением тележек.

В ТЭБе *Покупки* описывается перемещение требования в системе в зависимости от состояния системы.

В ТЭБе *Время ухода покупателя* собирается информация в табличном виде по времени работы системы и числу покупок. Моделируется время возвращения покупателя к автомобилю и удаление последнего из системы.

В ТЭБе *Сбор статистики мин. Очередь* собирается статистическая информация по очереди быстрого обслуживания.

В ТЭБе *Сбор статистики быстрого обслуживания* моделируется время обслуживания, выход из области взятия тары для покупок, а также переход к другому сектору.

Построение имитационной модели начнем с создания ТЭБов модели.

Открываем программу Расширенный редактор GPSS World, заходим во вкладку ТЭБы

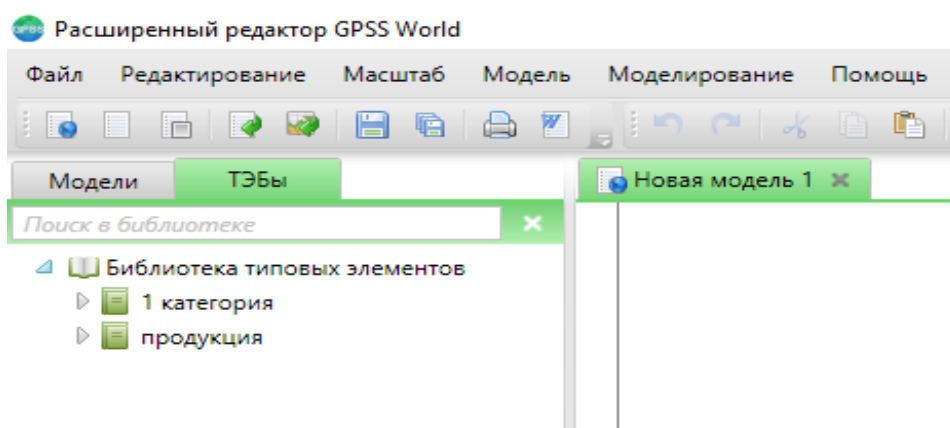


Рис.3.2. Вкладка ТЭБы

Правым щелчком мыши создаем папку «Супермаркет» в *Библиотеке типовых элементов*.

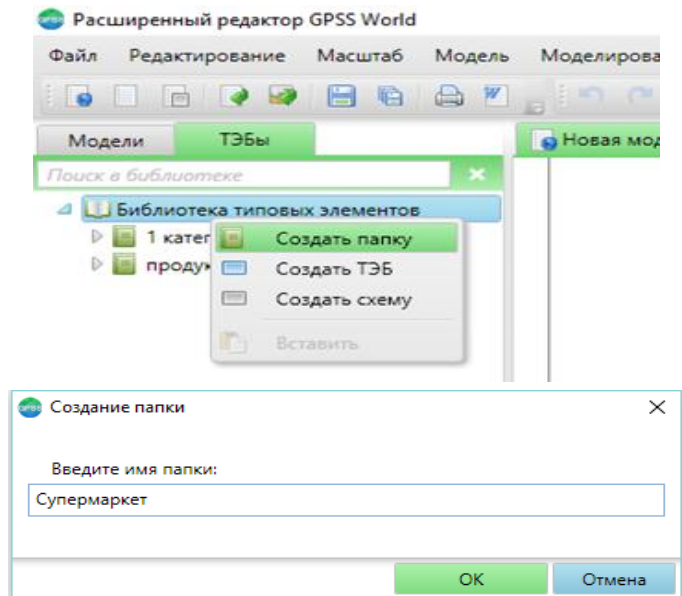


Рис.3.3. Создание папки «Супермаркет»

Далее создаём первый ТЭБ «Супермаркет»

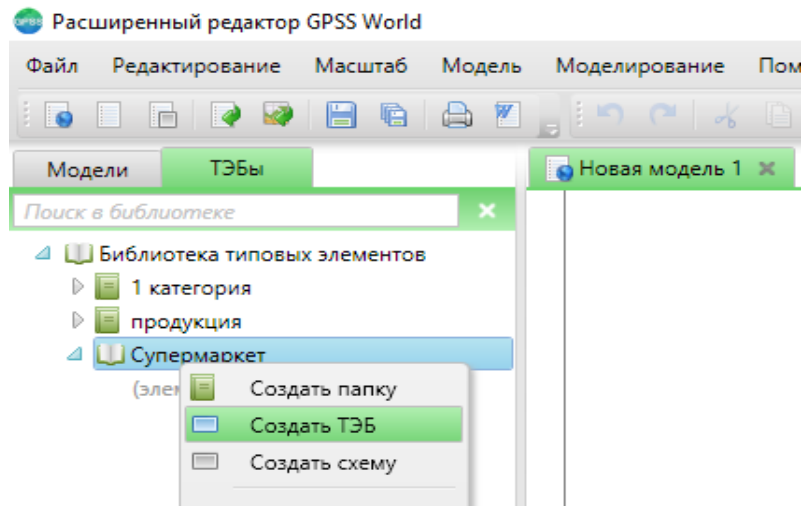
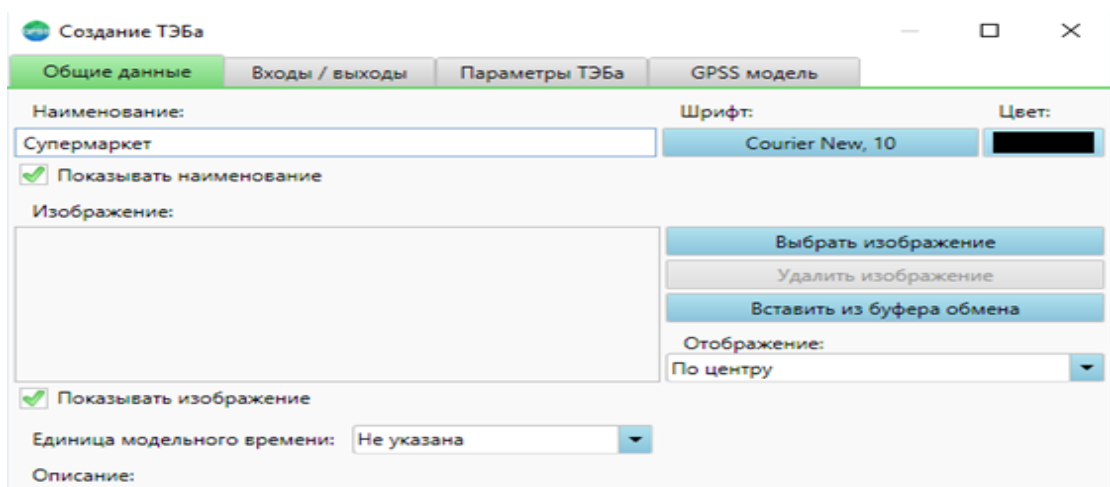


Рис.3.4. Создание ТЭБа



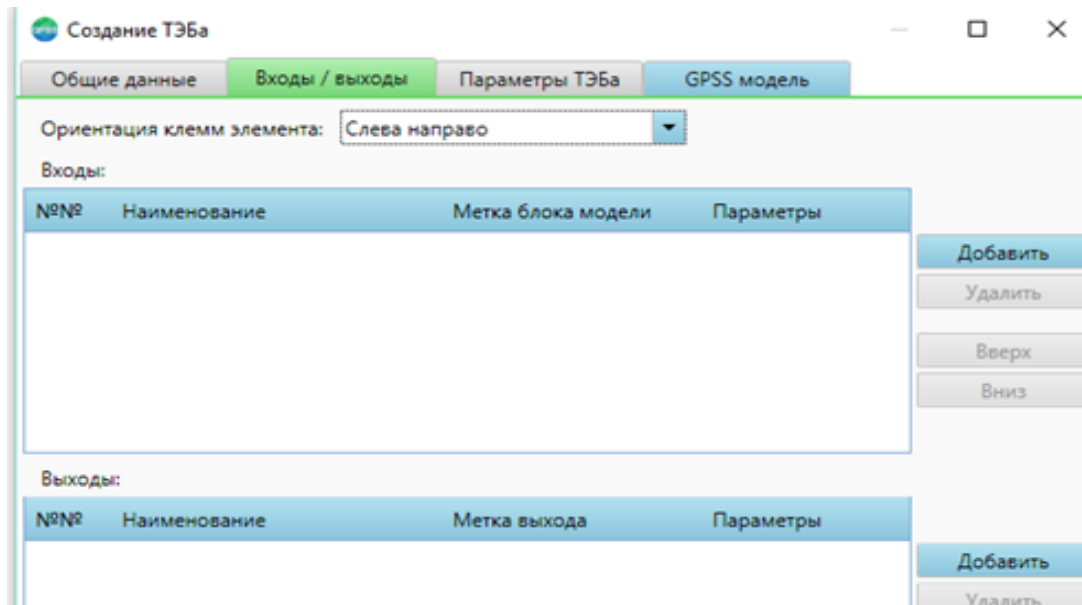


Рис.3.5. Определение характеристик ТЭБа «Супермаркет»

Вкладки Входы/Выходы и параметры ТЭБа не изменяются. Во вкладке *GPSS модель* описываем модель на языке GPSS World:

```

RMULT 1187;определяем набор начальных чисел семи генераторов случайных чисел
kassa_2 EQU 2 ;указываем номера каналов обслуживания и соответствующие очереди к ним
kassa_N EQU 5
time_work VARIABLE 8#60#60 ;определяем время моделирования системы в секундах
n_покупок VARIABLE (RN1@96+5) ;число покупок, одного покупателя
finance VARIABLE (RN1@3+1)#40+150 ;переменная определяет размер оплаты покупок
time_system TABLE M1,1000,1000,7 ;создаем таблицы, представляющие собой набор чисел для построения гистограмм
покупки TABLE P$kol_покупок,10,10,10 ;каждое целое число представляет класс частоты в гистограмме
n_покупател TABLE X$покупател,100,50,12
park STORAGE 100 ;емкость стоянки
telejka STORAGE 100 ;количество тележек
korzina STORAGE 50 ;количество корзин
kassir VARIABLE (P$kol_покупок)#2+P$oplata ;переменная определяет время затраченное кассиром на обслуживание покупателя
time_mag VARIABLE P$kol_покупок#100 ;время нахождения покупателя в магазине

```

INITIAL X\$pokupatel,0 ;определяет начальное значение сохраняемой величины значение которой в начале смены равно 0

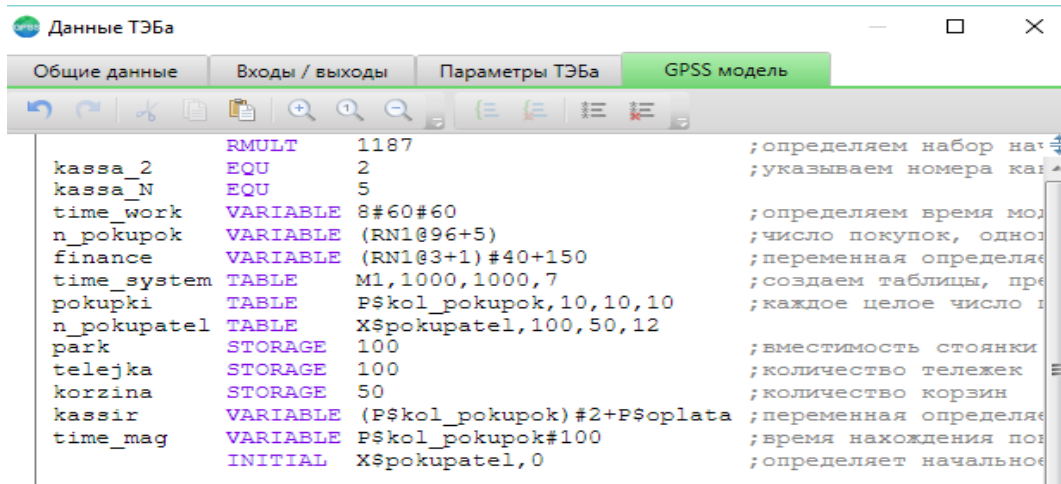


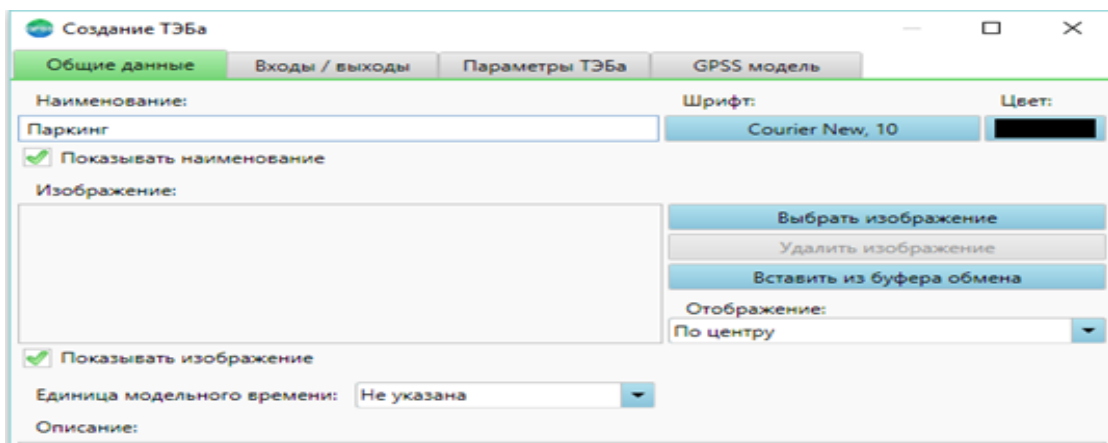
Рис.3.6. Сборка GPSS модели

Операторы **TABLE** создают таблицы, представляющие собой набор целых чисел для построения соответствующих гистограмм. Каждое целое число представляет класс частоты в гистограмме.

Оператор **STORAGE** (Накопитель) определяет вместимость стоянки автомобилей в количестве 100 единиц, наличие ручных тележек в количестве 100 штук и корзин в количестве 50 единиц. Переменная *Kassir* определяет время, затраченное кассиром на обслуживание покупателя. Переменная *Time_mag* определяет время нахождения покупателя в магазине.

Оператор **INITIAL** определяет начальное значение сохраняемой величины по имени *Pokupatel*. Ее значение в начале смены равно 0.

Создадим второй ТЭБ и назовем его *Паркинг*. В нем моделируется поступление покупателей в супермаркет, определяется число покупок, их стоимость и направление покупателей к местоположению корзинок или ручных тележек.



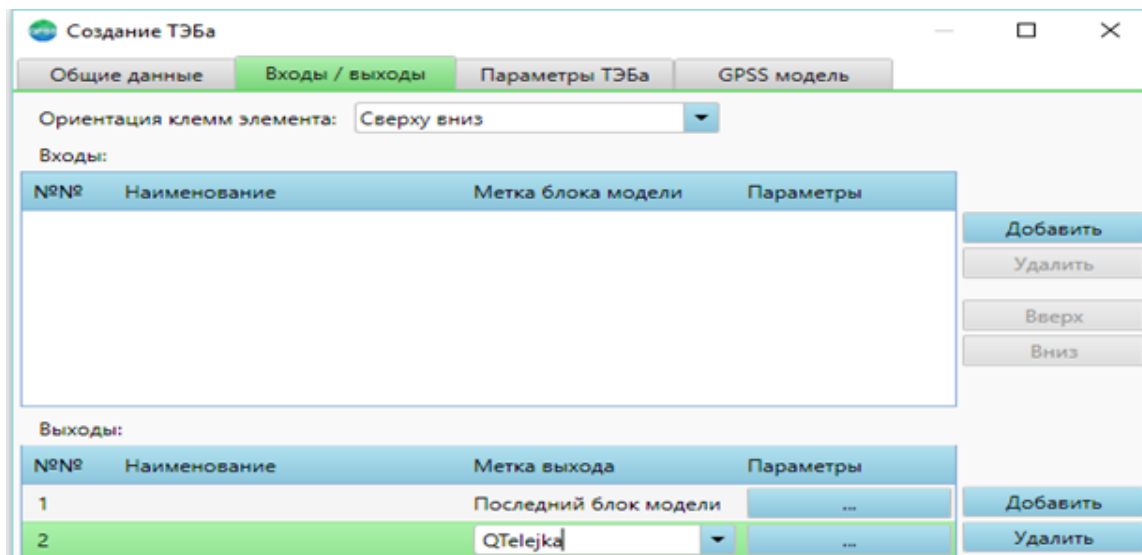


Рис.3.7. Создание ТЭБа «Паркинг» и определение его характеристик

Во вкладке *Входы/Выходы* входы оставляем без изменений и добавляем два выхода с помощью кнопки *Добавить*. Второй выход переименовываем на *QTelejka*, для этого двойным щелчком мыши выделяем *Метку выхода*. Установим параметр *Ориентация клемм элемента: Сверху вниз*. Вкладка *Параметры ТЭБа* остаются без изменения.

Во вкладке *GPSS модель* описываем модель на языке GPSS World:

parking TRANSFER Both,,Lost ;требование направляется в следующий блок, если он занят то к блоку с меткой Lost

ENTERpark если есть место автомобиль въезжает на стоянку

ADVANCE 60,40 ; покупатель идет в супермаркет

SAVEVALUE rokupatel+,1 ;подсчет поступивших покупателей с момента открытия магазина

ASSIGN kol_pokupok,V\$n_pokupok ;выполняем присваивание параметру требования kol_pokupok с помощью переменной V\$n_pokupok

ASSIGN oplata,V\$finance

TESTLEP \$kol_pokupok,10,Qtelejka ;определяем дальнейший путь требования

GATES NFkorzina,Qtelejka ;проверяем условие накопитель не полон

Когда требование входит в оператор **TRANSFER**, оно сначала направляется к следующему блоку; если тот не допускает требование – то к блоку с меткой Lost.

А это означает, что автомобиль покидает систему – супермаркет. Если есть место, автомобиль въезжает на стоянку, что моделируется оператором **ENTER**.

Затем покупатель идет в супермаркет. Это моделируется оператором **ADVANCE 60,40**.

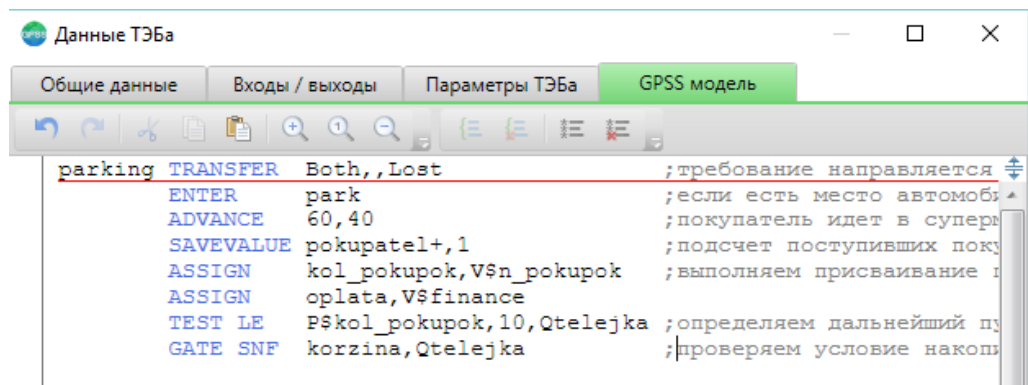


Рис.3.8. Создание GPSS модели

Время прихода покупателей с места парковки автомобиля в супермаркет подчиняется равномерному закону и составляет 60 ± 40 с.

В операторе **SAVEVALUE** в сохраняемой величине по имени *Pokupatel* происходит подсчет поступивших в супермаркет покупателей с начала открытия магазина до окончания смены.

Оператор **ASSIGN** (Присвоить) выполняет присваивание параметру требования (покупателя) по имени *Kol_pokupok* с помощью переменной *V\$N_Pokupok* (Число покупок).

Следующий оператор **ASSIGN** выполняет присваивание параметру требования (покупателя) по имени *Oplata* с помощью переменной *V\$Finance* (Размер оплаты покупок).

Оператор **TEST LE** определяет дальнейший путь следования покупателя. Если величина параметра требования по имени *P\$Kol_pokupok* (Число покупаемых товаров) меньше или равна 10, то требование перемещается к следующему оператору; если это условие не выполняется, то требование перемещается к оператору с символической меткой *Qtelejka*.

Далее оператор **GATE SNF** проверяет условие SNF (Storage Not Full – Накопитель не полон). Если есть в наличии корзины, то требование переходит к следующему оператору, если нет – перемещается к оператору символической меткой *QTelejka*.

Создадим третий ТЭБ и назовем его *Очередь на получение корзинок*. В третьем ТЭБе моделируется сбор статистической информации по очереди, связанной с получением корзинок.

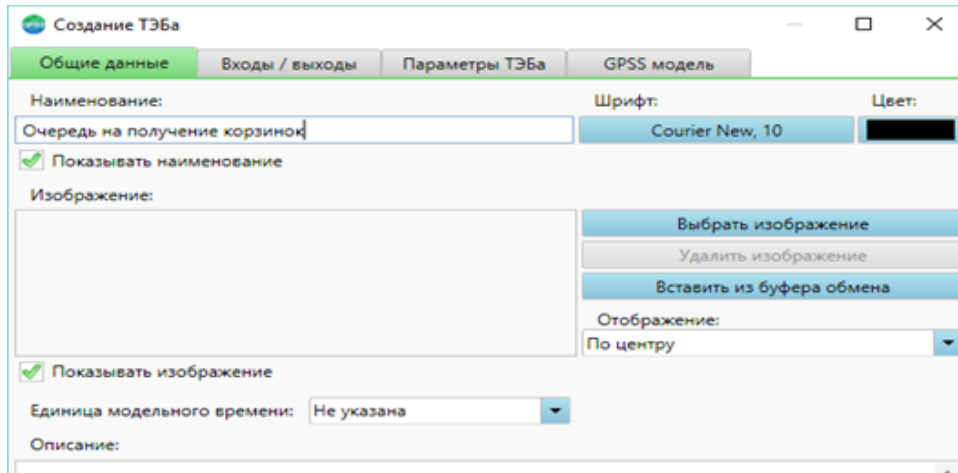


Рис.3.8. Создание ТЭБа «Очередь на получение корзинок»

Во вкладке *Входы/Выходы* добавим один вход и один выход, а также установим параметр *Ориентация клемм элемента*: *Сверху вниз*.

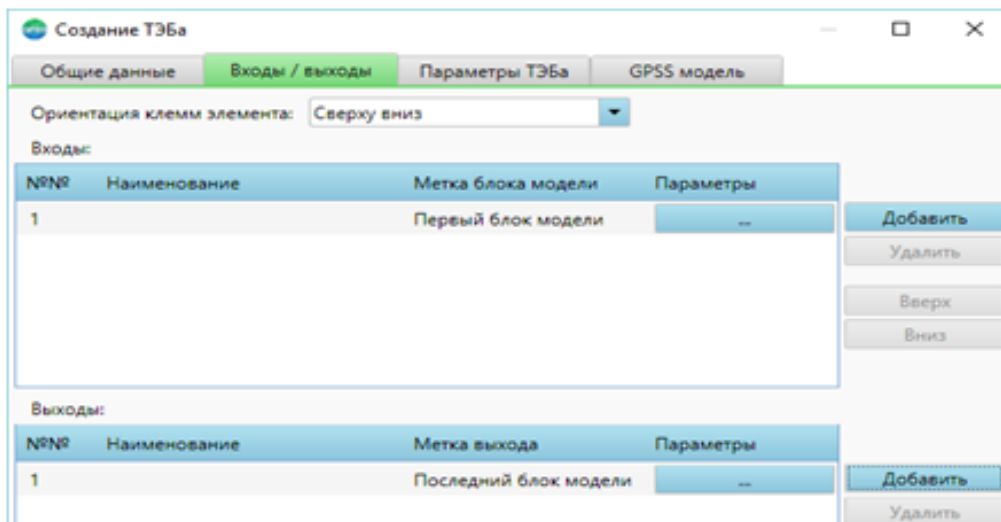


Рис.3.9.Определение входов и выходов ТЭБа

Вкладка *Параметры ТЭБа* остается без изменения.

Во вкладке *GPSS модель* напишем:

QUEUE korzina_Q;собираем статистику по очереди

ENTER korzina;собираем информацию об использовании корзинок покупателями

DEPART korzina_Q; освобождаем очередь

ASSIGN tara, korzina;присваивание параметру требования

TRANSFER ,magazin;переход требования к оператору с меткой покупатель входит в магазин

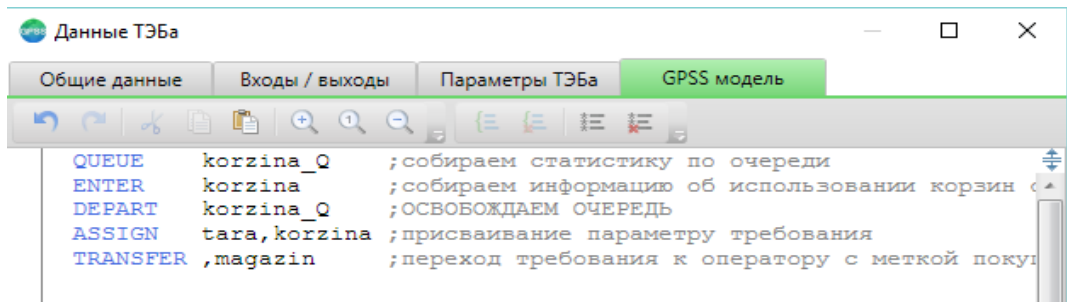


Рис.3.10. GPSSмодель ТЭБа

Операторы **QUEUE** и **DEPART** собирают статистическую информацию по очереди, связанной с получением корзин, с именем *Korzina_Q*.

С помощью операторов **ENTER** и **LEAVE** система собирает информацию об использовании корзин покупателями.

Оператор **ASSIGN** выполняет присваивание параметру требования (покупателя) по имени *Tara* имя *Korzina*.

Создадим четвертый ТЭБ и назовем его *Очередь на получение тележек*. В четвертом ТЭБе моделируется сбор статистической информации по очереди, связанной с получением тележек. Во вкладке *Входы/Выходы* добавим один вход и один выход, а также установим параметр *Ориентация клемм элемента: Сверху вниз*.

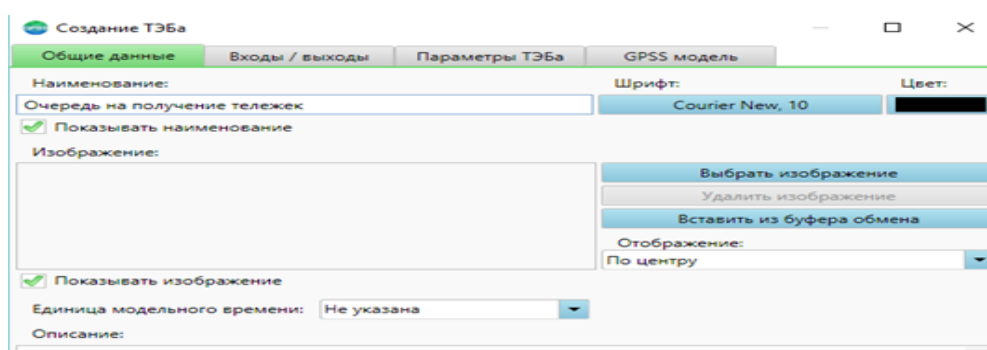


Рис.3.11.Создание ТЭБа

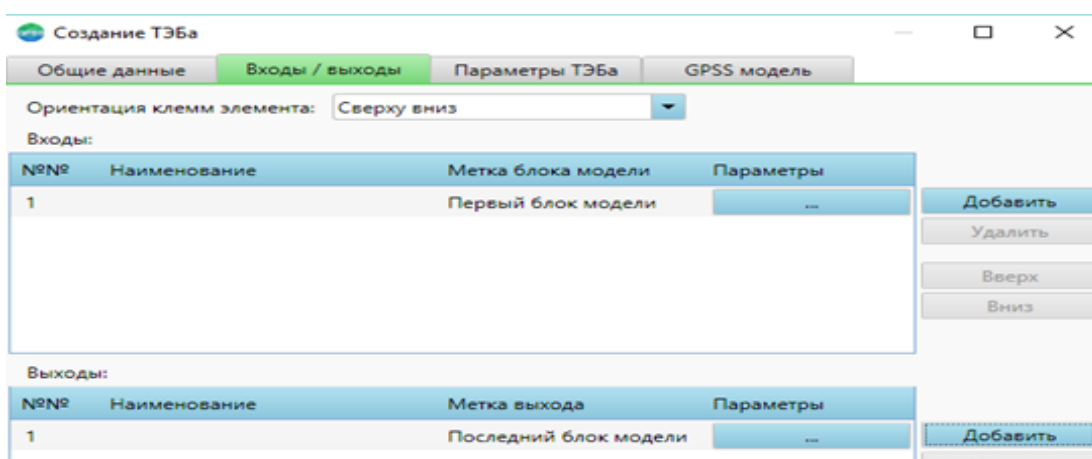


Рис.3.12. Определение входов и выходов

Вкладка Параметры ТЭБа остается без изменения.

Во вкладке *GPSS модель* напишем:

Qtelejka QUEUE telejka_Q ;собираем статистику по очереди

ENTER telejka ;собираем информацию об использовании корзинок покупателями

DEPART telejka_Q ;освобождаем очередь

ASSIGN tara,telejka ;присваивание параметру требования

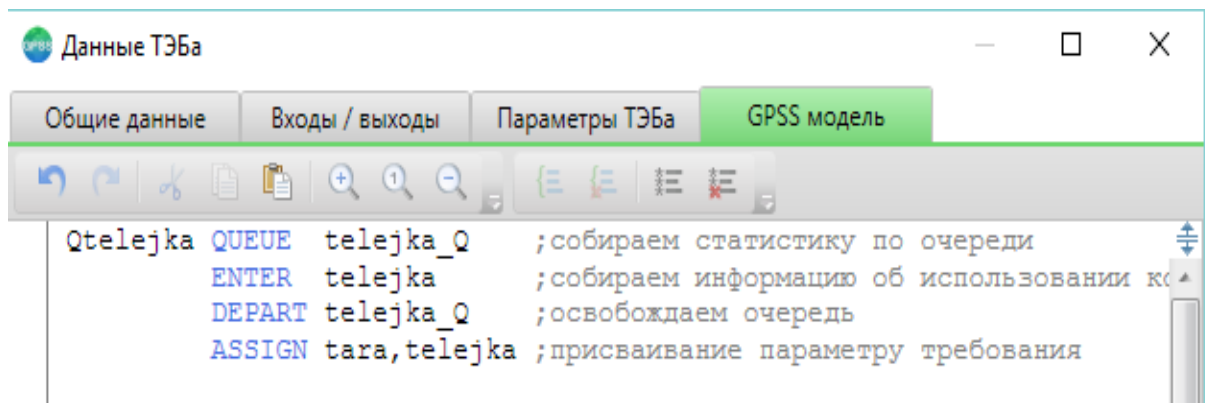


Рис.3.13. Код ТЭБа

Операторы **QUEUE** и **DEPART** собирают статистическую информацию по очереди, связанной с получением тележек, с именем Telejka_Q.

С помощью операторов **DEPART** система собирает информацию об использовании тележек покупателями.

Оператор **ASSIGN** выполняет присваивание параметру требования (покупателя) по имени Tara имя Telejka.

Создадим пятый ТЭБ и назовем его *Покупки*. В пятом ТЭБе моделируется перемещение требования в системе в зависимости от состояния системы.

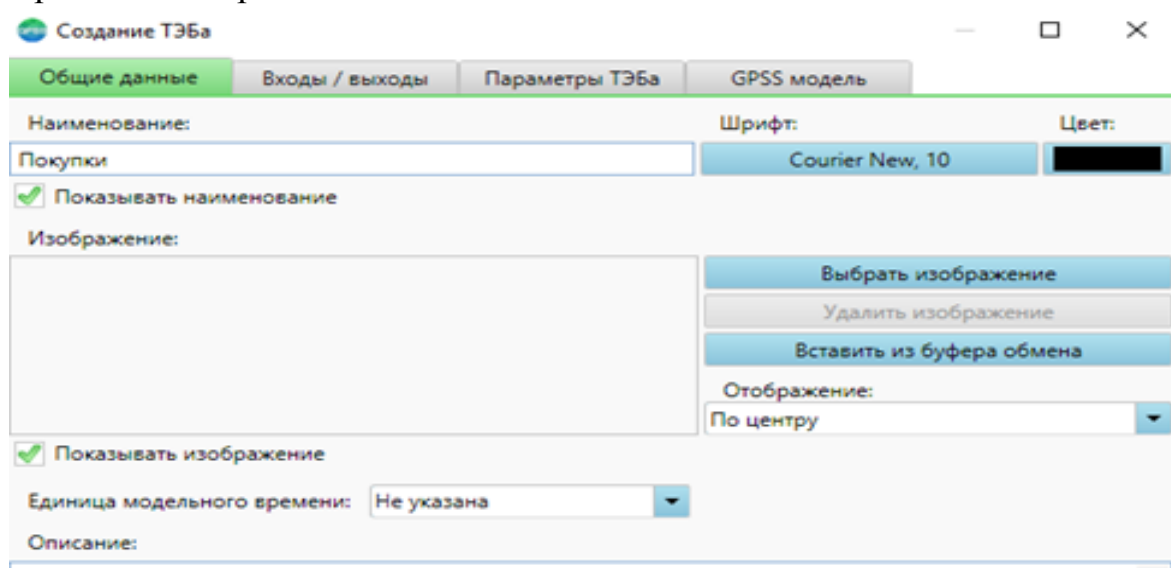


Рис.3.14.Создание ТЭБа «Покупки»

Во вкладке *Входы/Выходы* добавим один вход и один выход, а также установим параметр *Ориентация клемм элемента: Сверху вниз*.

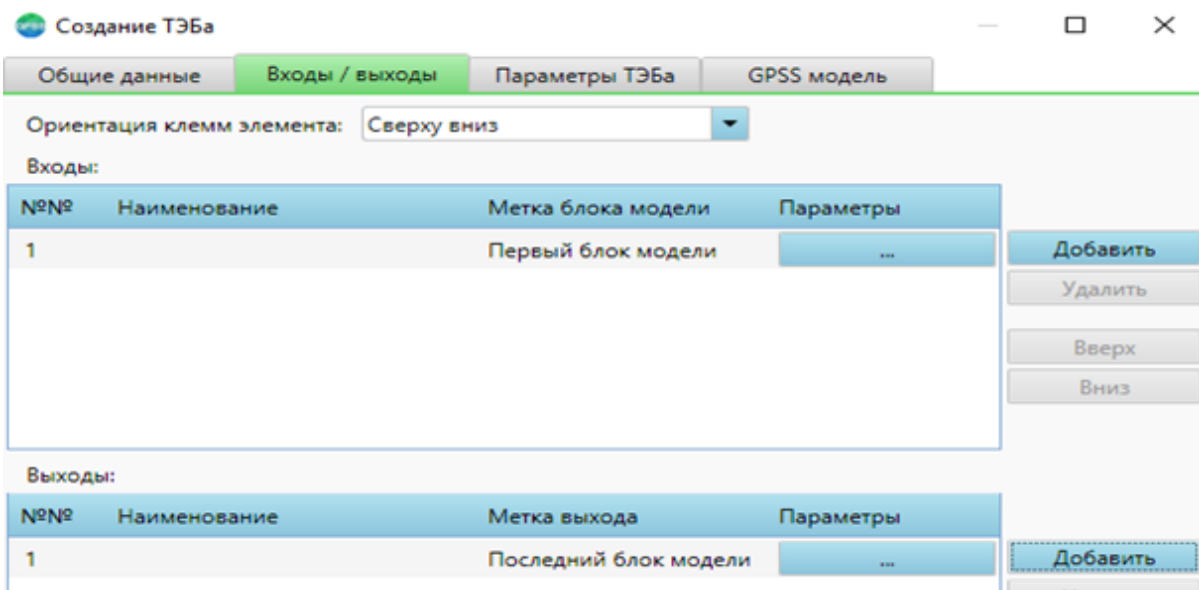


Рис.3.15. Определение входов и выходов

Вкладка *Параметры ТЭБа* остается без изменения.

Во вкладке *GPSS модель* напишем:

magazin ADVANCE V\$time_mag ; моделируем время нахождения покупателя в магазине

TEST LE P\$kol_rokupok,10,min_och ; определяем дальнейший путь требования

COUNT L kassir_0,kassa_2,kassa_n,1,Q ; определяем число объектов заданного диапазона удовлетворяющих заданному требованию

TEST E P\$kassir_0,0,min_och ; определяем дальнейший путь требования

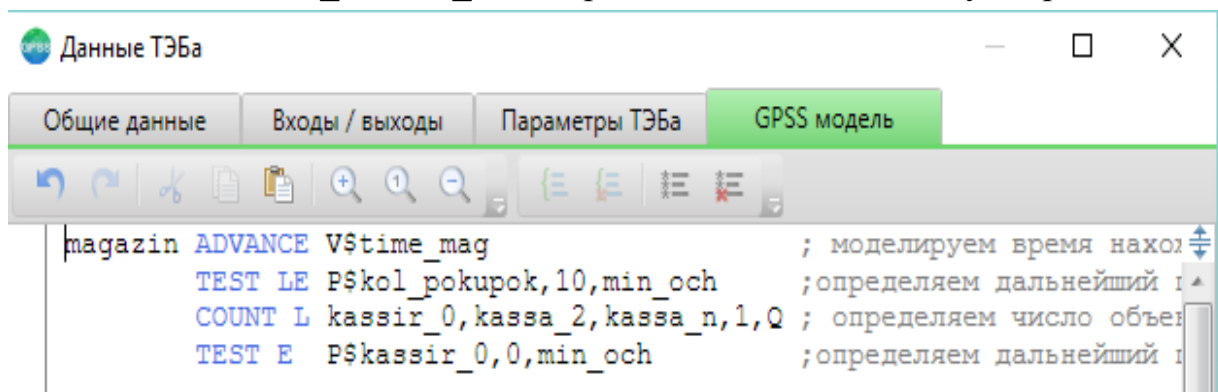


Рис.3.16. GPSS модель ТЭБа «Покупки»

Оператор **TEST LE** определяет дальнейший путь следования покупателя. Если значение параметра требования по имени P\$Kol_rokupok меньше или равно 10, то требование перемещается к следующему оператору; если это усло-

вие не выполняется, то требование перемещается к оператору с символической меткой `Min_och`.

Оператор **COUNT L** определяет число объектов из определенного диапазона объектов, удовлетворяющих заданному условию. При этом счетчик объектов, удовлетворяющих заданному условию, помещается в параметр активного требования по имени `Kassir_0` (в поле операнда A). В поле операнда B указано имя объекта, находящегося в начале диапазона объектов. Его имя `Kassa_2`. В поле операнда C указывается имя объекта, находящегося в конце диапазона объектов.

В поле операнда D указывается число, которое сравнивается со значением атрибута объекта, заданного в операнде E, то есть со значением очереди. Оператор **TEST E** определяет дальнейший путь следования покупателя. Если значение параметра требования по имени `P$Kassir_0` (Число покупателей в очереди) равно 0, то требование перемещается к следующему оператору, если это условие не выполняется, то требование перемещается к оператору с символической меткой `Min_och`.

Создадим шестой ТЭБ и назовем его *Сбор статистики быстрого обслуживания*. В шестом ТЭБе собирается статистическая информация по очереди быстрого обслуживания по имени `Bistro_Q` и по каналу обслуживания по имени `Bistro`. Моделируется время обслуживания, выход из области взятия тары для покупок, а также переход к другому ТЭБу.

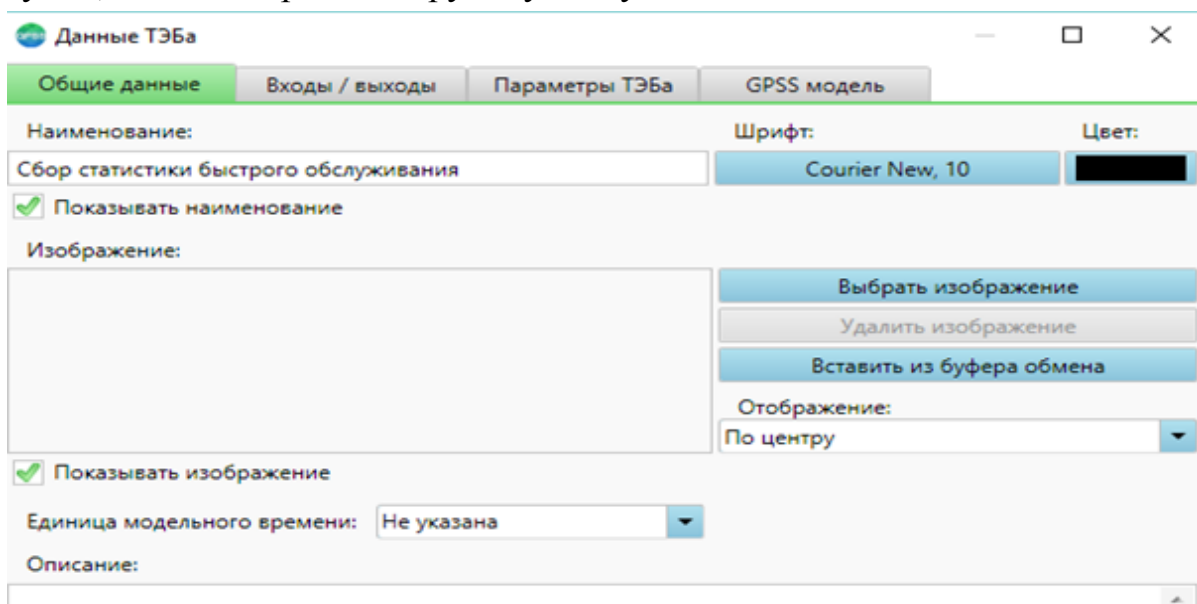


Рис.3.17.Создание шестого ТЭБа «Сбор статистики быстрого обслуживания»

Вкладки Входы/Выходы и параметры ТЭБа не изменяются.

Во вкладке *GPSS модель* напишем:

QUEUE bistro_q;собираем статистику об очереди
 SEIZE bistro;собираем статистику по каналу обслуживания
 DEPART bistro_q
 ADVANCE V\$kassir;моделируем время быстрого обслуживания
 RELEASE bistro
 LEAVE P\$tarar ;завершаем сбор статистики по работе накопителей связан-
 ных с тарой
 TRANSFER ,fin ;направляем требование к оператору указанному в поле В

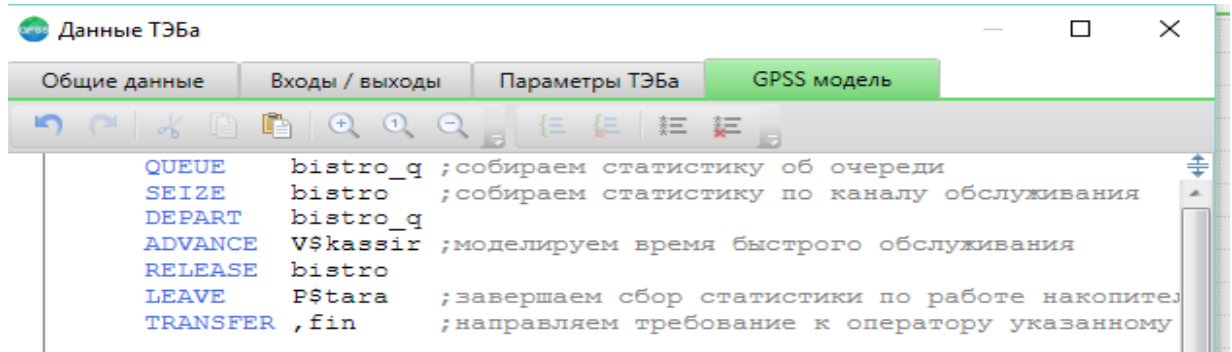


Рис.3.18. GPSSмодель ТЭБа

Операторы **QUEUE** и **DEPART** собирают статистическую информацию по очереди, связанной с быстрым обслуживанием, с именем *Bistro_Q*.

Операторы **SEIZE** и **RELEASE** собирают статистическую информацию по работе канала обслуживания по имени *Bistro*.

Оператор **ADVANCE** моделирует время быстрого обслуживания покупателей, которое определяется переменной по имени *Kassir*.

Оператор **LEAVE** завершает сбор статистической информации по работе накопителей, связанных с использованием тары.

Оператор **TRANSFER** направляет требования (покупателей) к оператору с символической меткой *Fin*.

Создадим седьмой ТЭБ и назовем его *Сбор статистики Мин.Очередь*. В седьмом ТЭБе собирается статистическая информация по очереди быстрого обслуживания по имени *Min_ochered* и по каналу обслуживания с тем же именем. Моделируется время обслуживания, выход из области взятия тары для покупок. Вкладки *Входы/Выходы* и *параметры ТЭБа* не изменяются.

Во вкладке *GPSS модель* напишем:

```

min_och SELECT MIN min_ocher,kassa_2,kassa_n,,Q ; выбираем объект
удовлетворяющий условию
QUEUE P$min_ocher
  
```

```

SEIZE P$min_ocher
DEPART P$min_ocher
ADVANCE V$kassir
RELEASE P$min_ocher
LEAVE P$stara

```

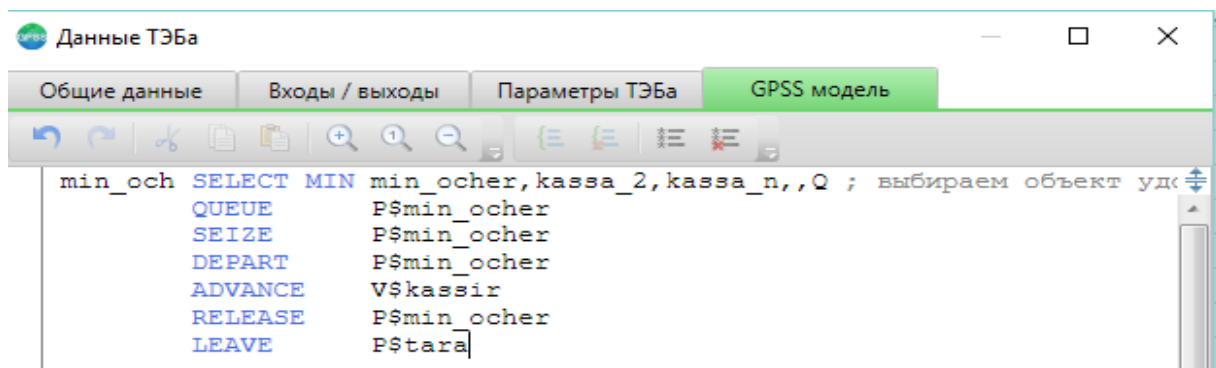


Рис.3.18. GPSS модель ТЭБа «Сбор статистики Мин.Очередь»

Оператор **SELECT** (Выбрать) выбирает объект, удовлетворяющий заданному условию – **MIN**, – и записывает номер этого объекта в параметр активного требования. В поле операнда А указывается символьное имя параметра выбираемого объекта (обязательно) – *Min_ochered*. В поле операнда В задается нижняя граница диапазона имен очередей, для которых будет проверяться заданное условие (обязательно). В поле операнда С задается верхняя граница диапазона имен очередей, для которых будет проверяться заданное условие (обязательно). Этот операнд может представлять собой имя, целое положительное число, выражение в круглых скобках, стандартный числовой атрибут или *SNA*параметр*. Поле операнда D не используется с операторами **MIN** и **MAX**. В поле операнда E указывается имя класса стандартного числового атрибута. В нашем примере это Q (Queue).

Операторы **QUEUE** и **DEPART** собирают статистическую информацию по очередям, находящимся в параметре требования по имени *Min_ochered*.

Операторы **SEIZE** и **RELEASE** собирают статистическую информацию по работе каналов обслуживания, находящихся в параметре требования по имени *Min_ochered*.

Оператор **ADVANCE** моделирует время быстрого обслуживания покупателей, которое определяется переменной по имени *Kassir*.

Оператор **LEAVE** завершает сбор статистической информации по работе накопителей, связанных с использованием корзин и тележек.

Создадим восьмой ТЭБ и назовем его *Время ухода покупателя*. В восьмом ТЭБе собирается информация в табличном виде по времени работы системы и

числу покупок. Моделируется время возвращения покупателя к автомобилю и удаление последнего из системы.

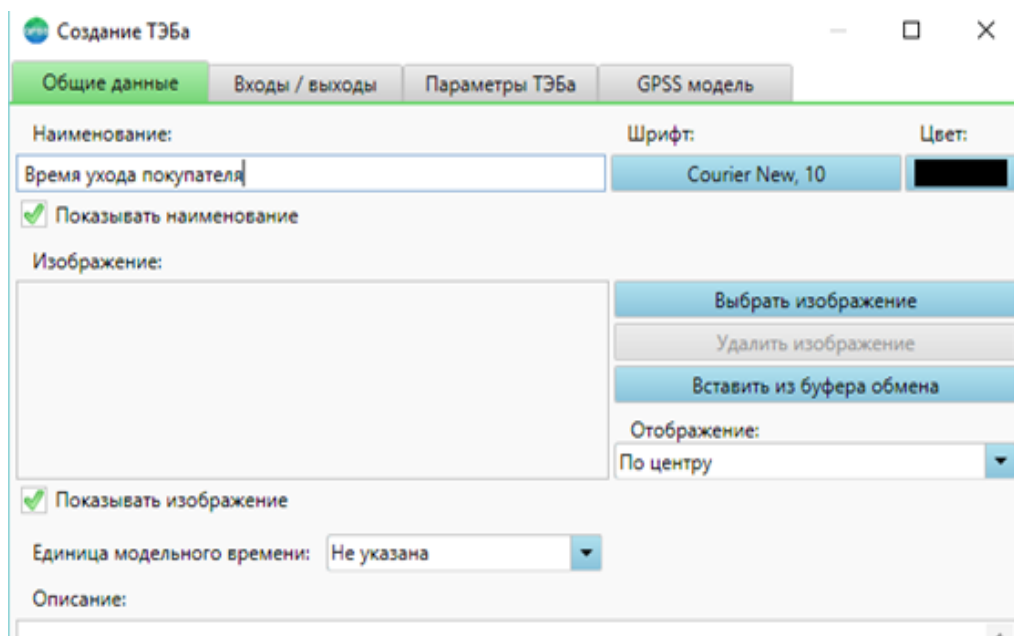


Рис.3.17.Создание ТЭБа «Время ухода покупателя»

Во вкладке *Входы/Выходы* добавляем один вход и устанавливаем параметр *Ориентация клемм элемента: Сверху вниз*.

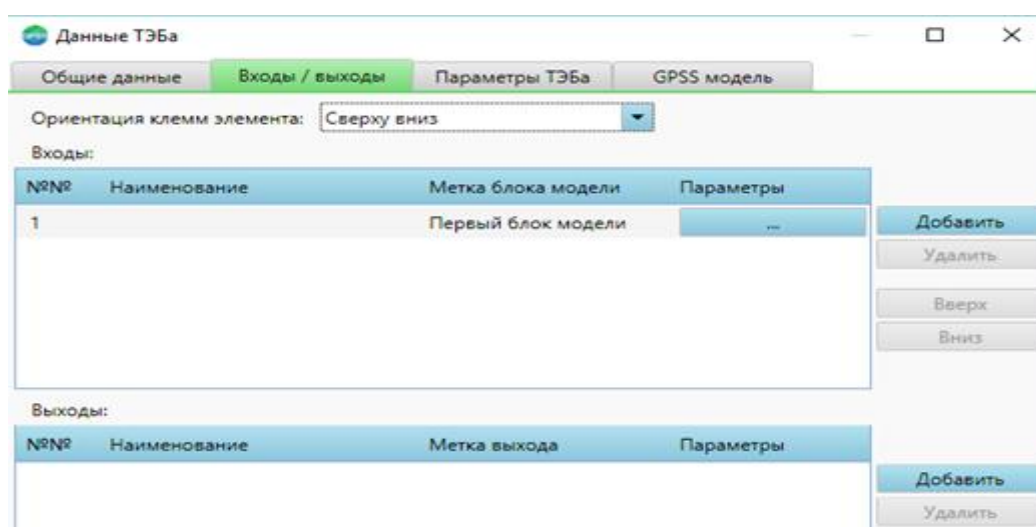


Рис.3.18. Определение входов и выходов

Вкладка *Параметры ТЭБа* не изменяются. Во вкладке *GPSS модель* напишем:

```
Fin TABULATE time_system;выполняем сбор данных по времени обслуживания  
TABULATE pokupki;собираем данные по числу сделанных покупок  
SAVEVALUE pokupatel-,1;уменьшаем число обслуженных покупателей  
ADVANCE 60,50
```

LEAVE park TERMINATE lost TERMINATE

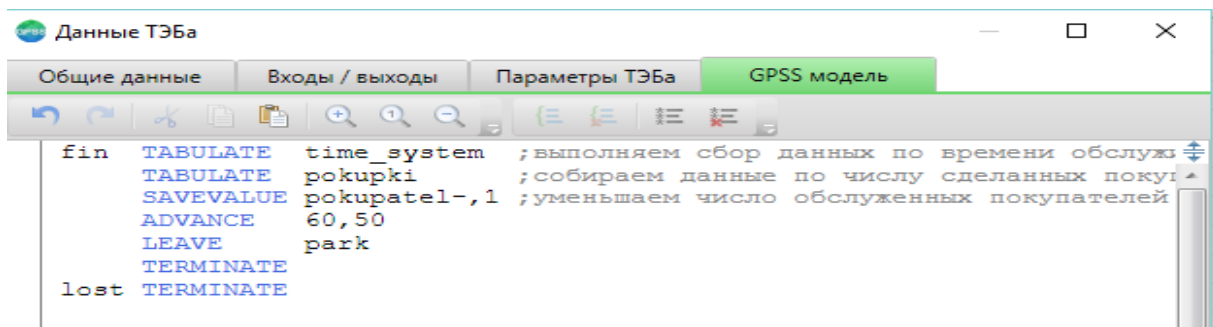


Рис.3.18. GPSS модель ТЭБа «Время ухода покупателя»

Операторы **TABULATE** (Табулировать) выполняют сбор данных соответственно по времени обслуживания в системе и по числу сделанных покупок.

Оператор **SAVEVALUE** уменьшает число обслуженных покупателей.

Оператор **LEAVE** моделирует покидание автомобилем места стоянки. Предпоследний оператор **TERMINATE** последовательно уменьшает число требований покупателей, находящихся в системе. Последний оператор **TERMINATE** имитирует потерю покупателя из-за нехватки мест на стоянке автомобилей.

Создадим девятый ТЭБ и назовем его *Потоки покупателей*. В девятом ТЭБе моделируются различные потоки покупателей в супермаркет. Вкладки *Входы/Выходы* и *Параметры ТЭБа* остаются без изменения. Вкладка *Параметры ТЭБа* остается без изменения.

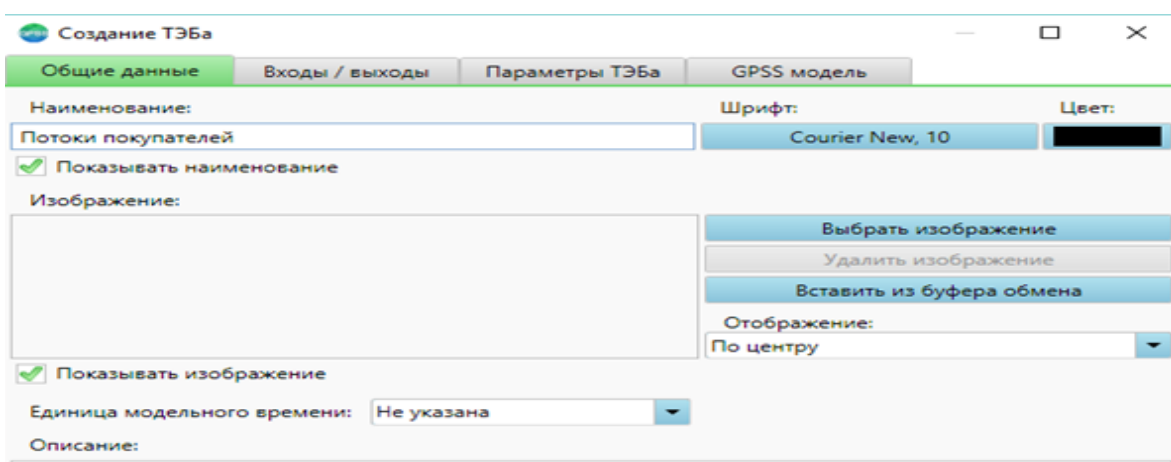


Рис.3.19.Создание ТЭБа «Потоки покупателей»

Во вкладке *GPSS модель* напишем:

GENERATE (Exponential(1,0,60)),,200 ;используем встроенное распределение вероятностей для моделирования потока покупателей
TRANSFER ,parking


```

GENERATE (Exponential(1,0,40)),,1800,400
TRANSFER ,parking
GENERATE (Exponential(1,0,80)),,5400,300
TRANSFER ,parking
GENERATE (Exponential(1,0,120)),,9000
TRANSFER ,parking

```

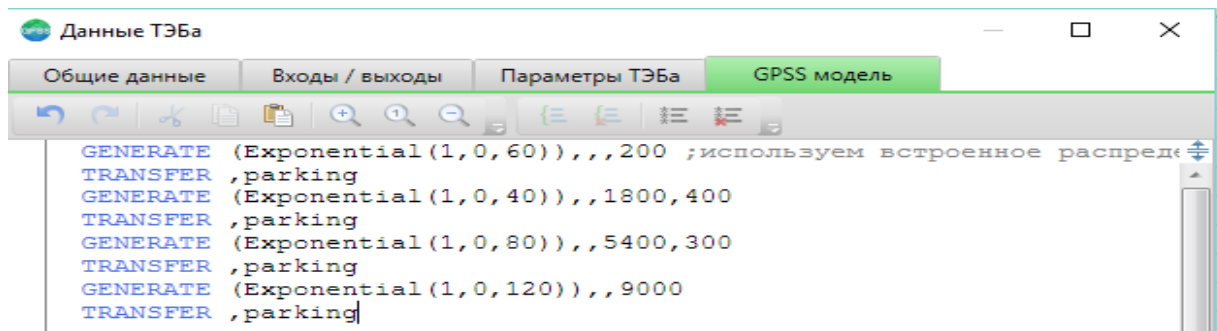


Рис.3.20. GPSS модель ТЭБа «Потоки покупателей»

В операторе **GENERATE** в поле операнда A используется встроенное экспоненциальное распределение вероятностей для моделирования поступления покупателей в супермаркет.

Создадим десятый ТЭБ и назовем его *Время работы системы*. В десятом ТЭБе моделируется время работы системы.

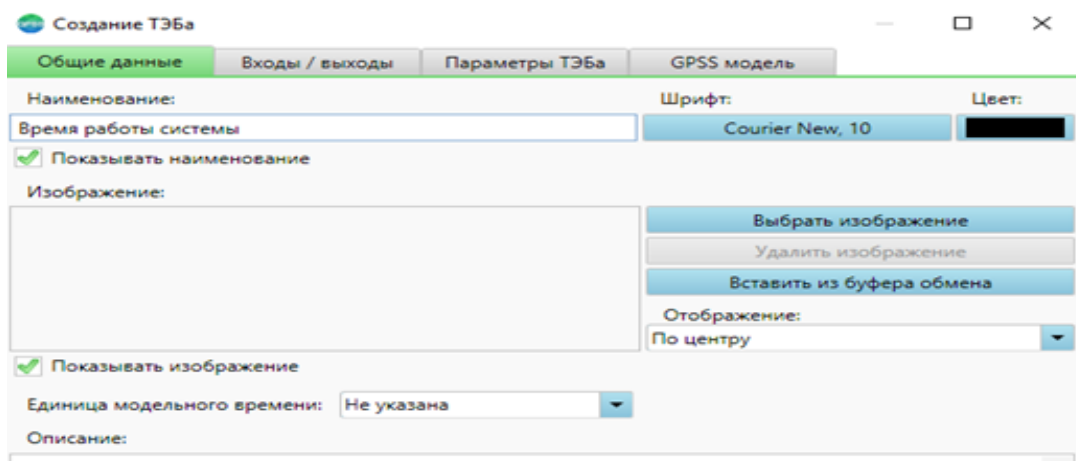


Рис.3.21.Создание ТЭБа «Время работы системы»

Вкладки *Входы/Выходы* и *Параметры ТЭБа* не изменяются. Во вкладке *GPSS модель* напишем:

```

GENERATE V$time_work ;определяем время работы системы
TABULATE n_pokupatel ;собираем информацию о числе покупателей
посетивших магазин
TERMINATE 1
START 1

```

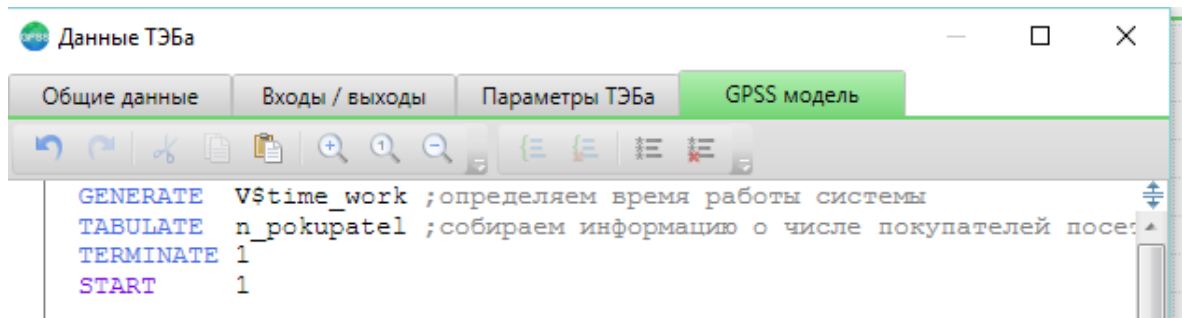


Рис.3.22. GPSS модель ТЭБа «Время работы системы»

В операторе **GENERATE** в поле операнда A определяется время работы системы. Оператор **TABULATE** собирает информацию о числе покупателей, посетивших супермаркет. Оператор **TERMINATE** уменьшает на единицу время функционирования системы, а **START 1** запускает после компилирования программу на выполнение.

Сборка модели и проведение машинных экспериментов

После создания всех необходимых ТЭБов, необходимо собрать их в одну модель. Для этого нужно перейти во вкладку *Модели*, нажать правой кнопкой мыши по *Текущие модели* и выбрать пункт *Создать проект*.

В открывшемся меню необходимо ввести имя проекта и его описание. После этого необходимо нажать правой кнопки мыши по созданному проекту и выбрать пункт *Создать схему* и ввести имя новой схемы.

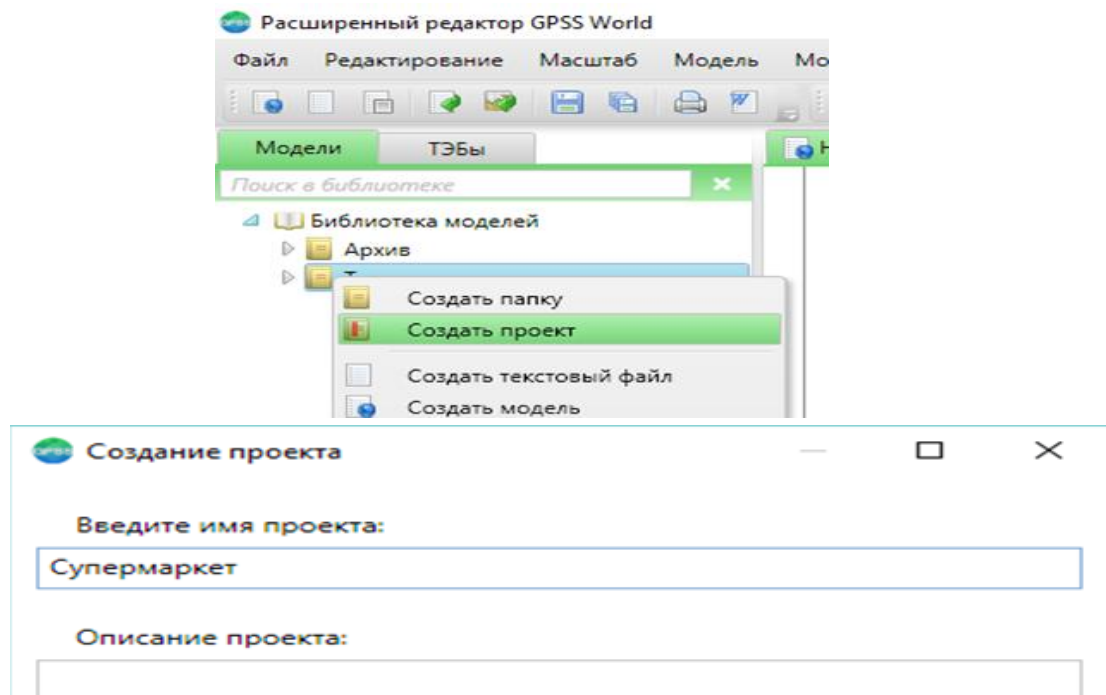


Рис.3.23. Создание проекта

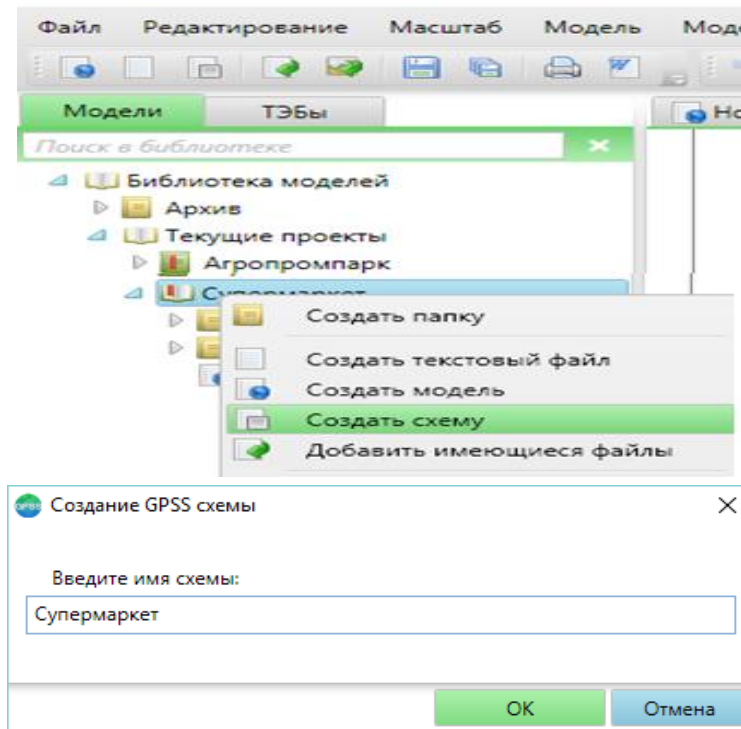


Рис.3.24. Создание схемы проекта

Открыть созданную схему можно дважды щелкнув по ней. После открытия схемы, необходимо открыть вкладку *ТЭБы* и перенести ТЭБы модели в окно схемы, а затем соединить их, таким образом, как показано на скриншоте:

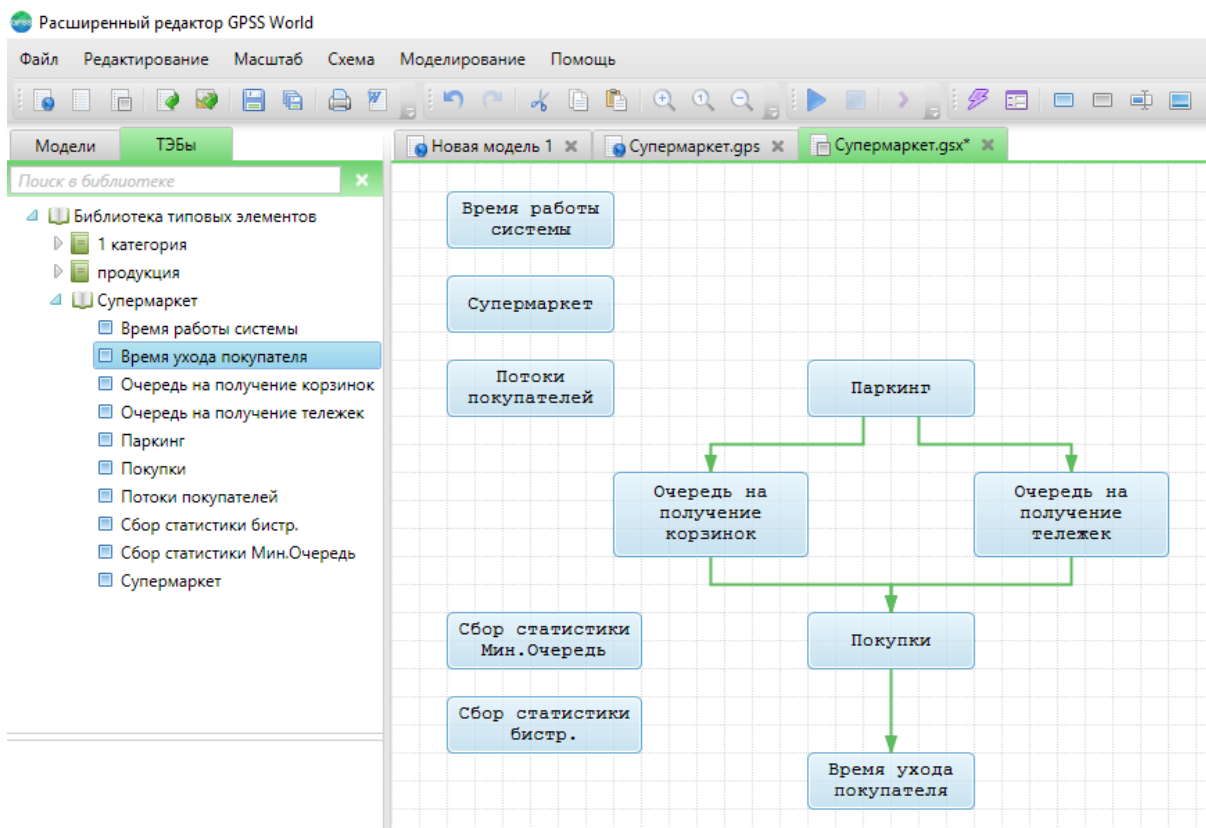


Рис.3.25. Создание схемы проекта «Супермаркет»

Как только модель будет собрана, необходимо будет запустить модель, для этого нужно нажать на кнопку *Начать моделирование* или клавишу *Ctrl+R*

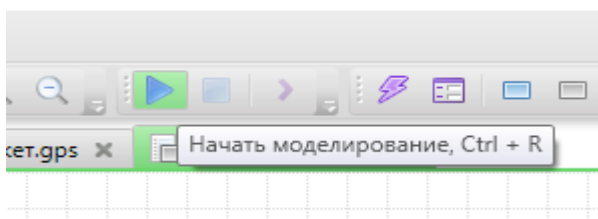


Рис.3.26. Запуск модели на сборку полного кода

После этого откроются окна «Журнал»:

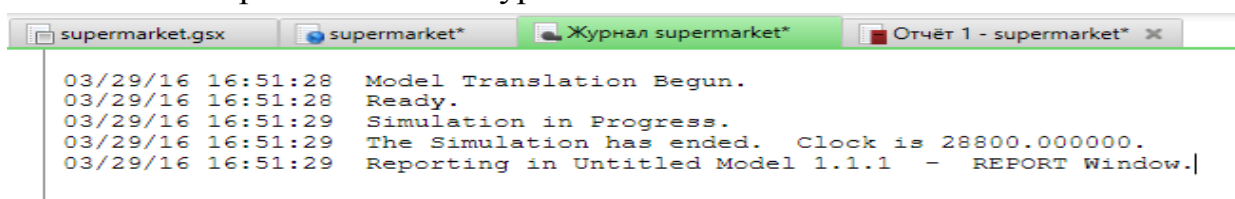


Рис.3.27. Результаты трансляции модели и «Стандартный отчет»

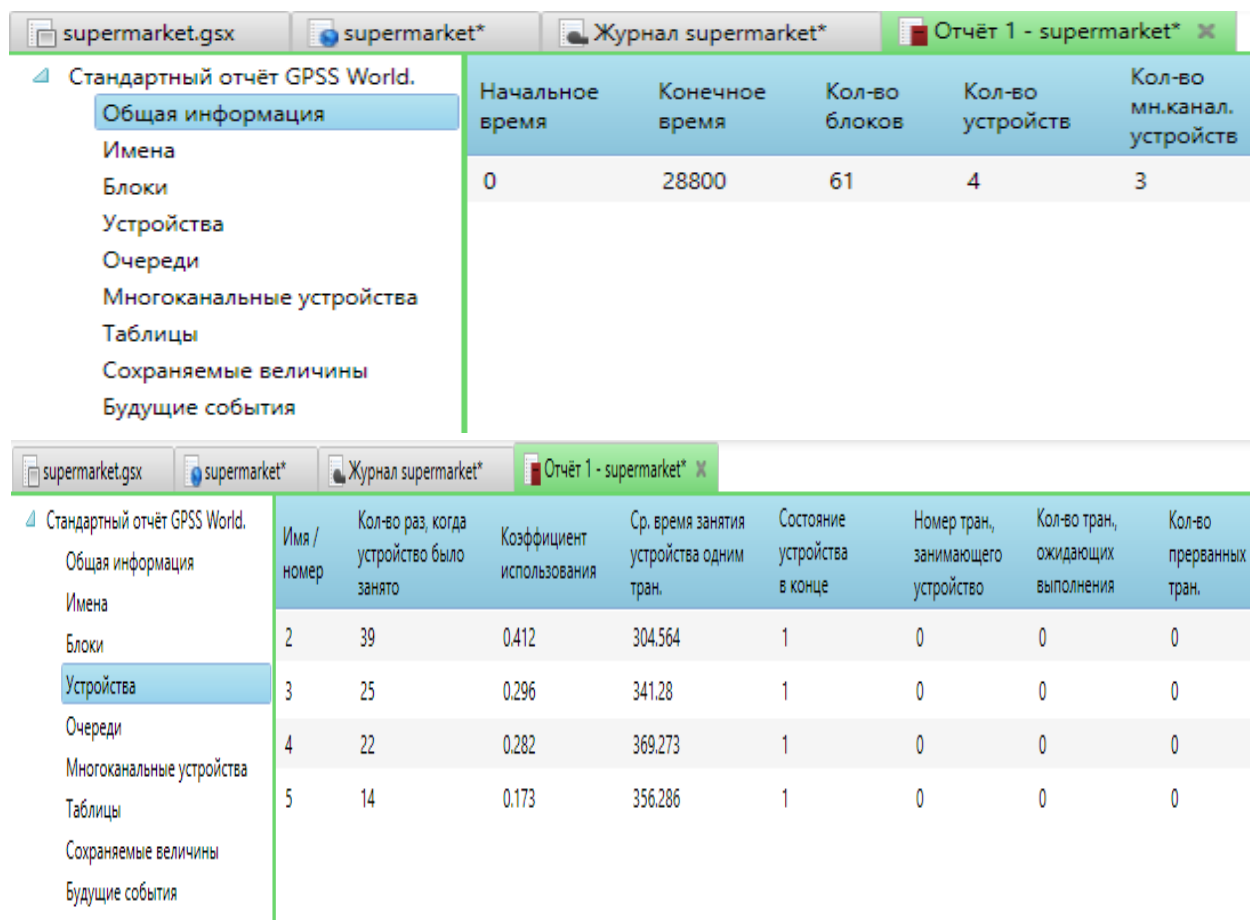


Рис. 3.28. Некоторые вкладки стандартного отчета

Работа в универсальном редакторе форм

Для приближения технологии ввода исходных данных в созданные на GPSS World модели и анализа полученных результатов моделирования используем *универсальный редактор форм*. Как правило, универсальный редактор форм устанавливается вместе с расширенным редактором GPSS World.

Запустим универсальный редактор форм

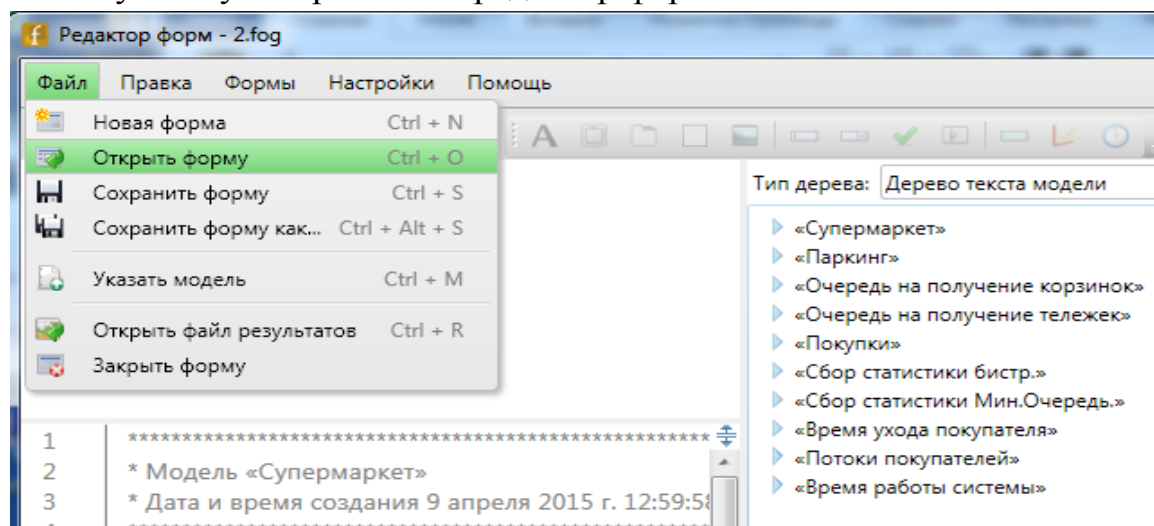


Рис.3.29.Интерфейс редактора форм

Создадим новую форму, нажав левой клавишей мыши на *Файл – Новая форма*:

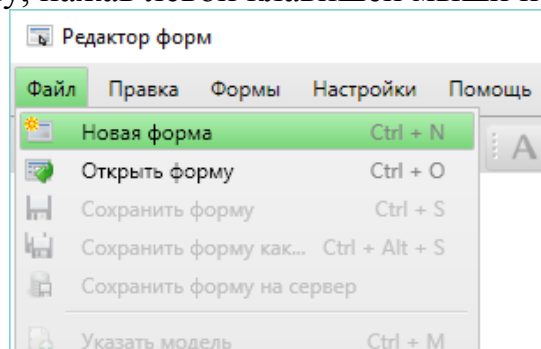


Рис.3.29. Формирование форм выдачи результатов

Далее укажем модель

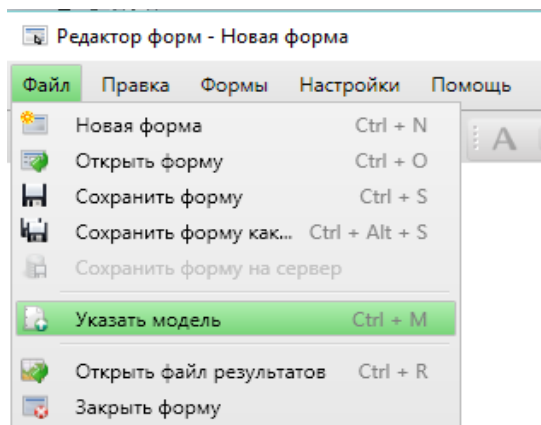


Рис.3.30.

Находим в *Текущих проектах* созданную модель *Супермаркет.gps* и нажимаем *Открыть*.

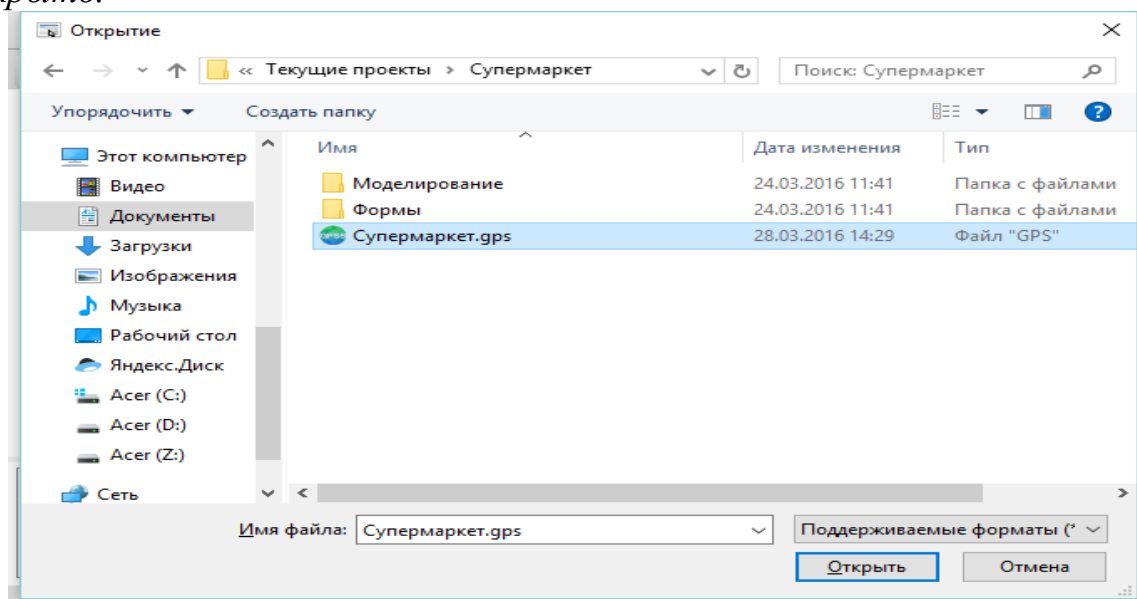


Рис.3.31. Поиск созданной GPSS модели

В редакторе форм с правой стороны появится дерево текста модели

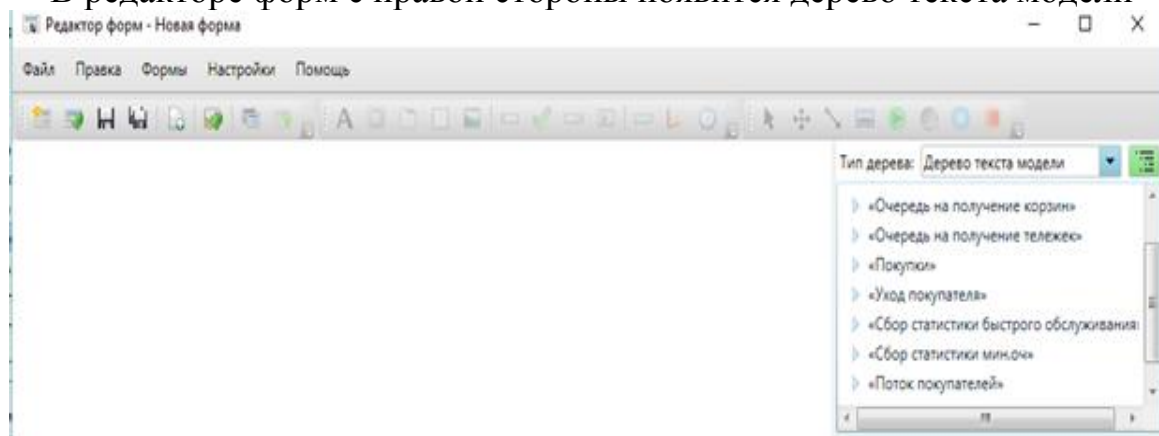
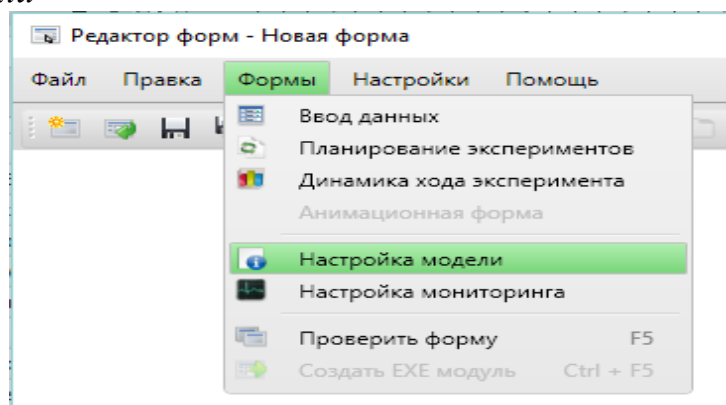


Рис. 3.32. Формирование дерева текста модели

Далее настроим модель. Для этого в главном меню нужно нажать на *Формы*, *Настройка модели*



Установим следующие настройки:

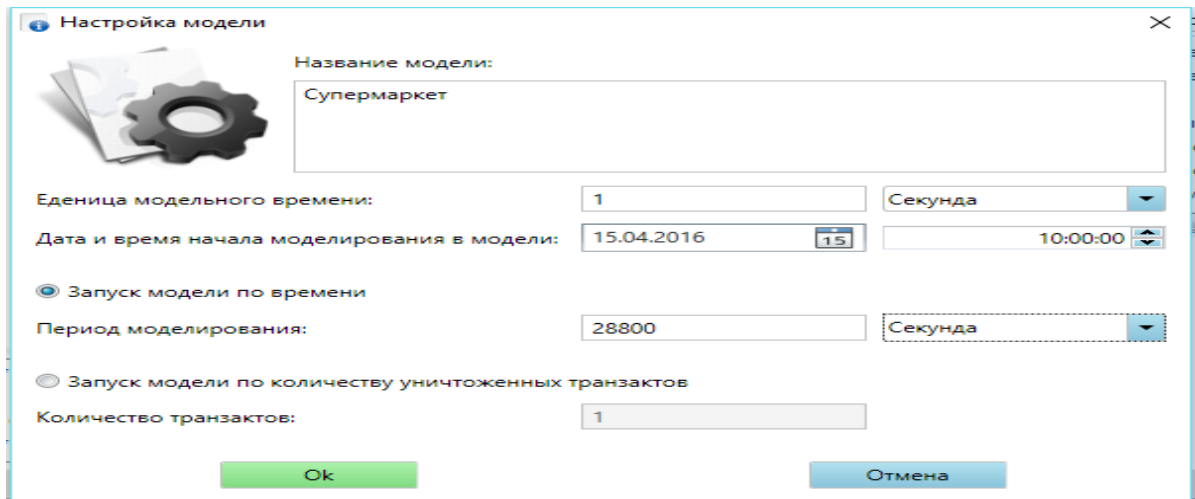
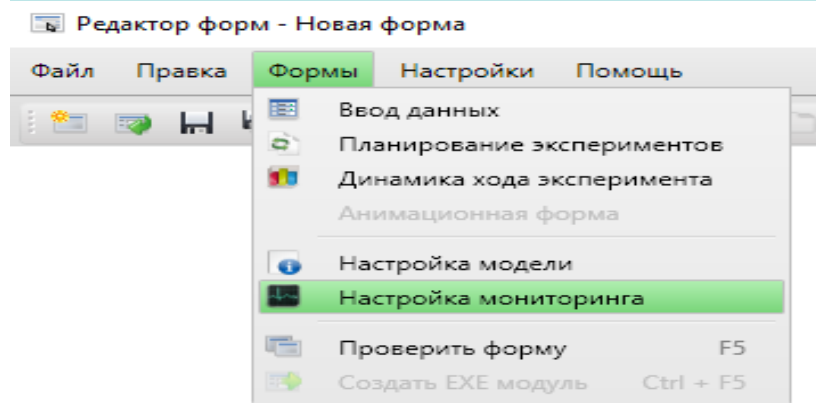
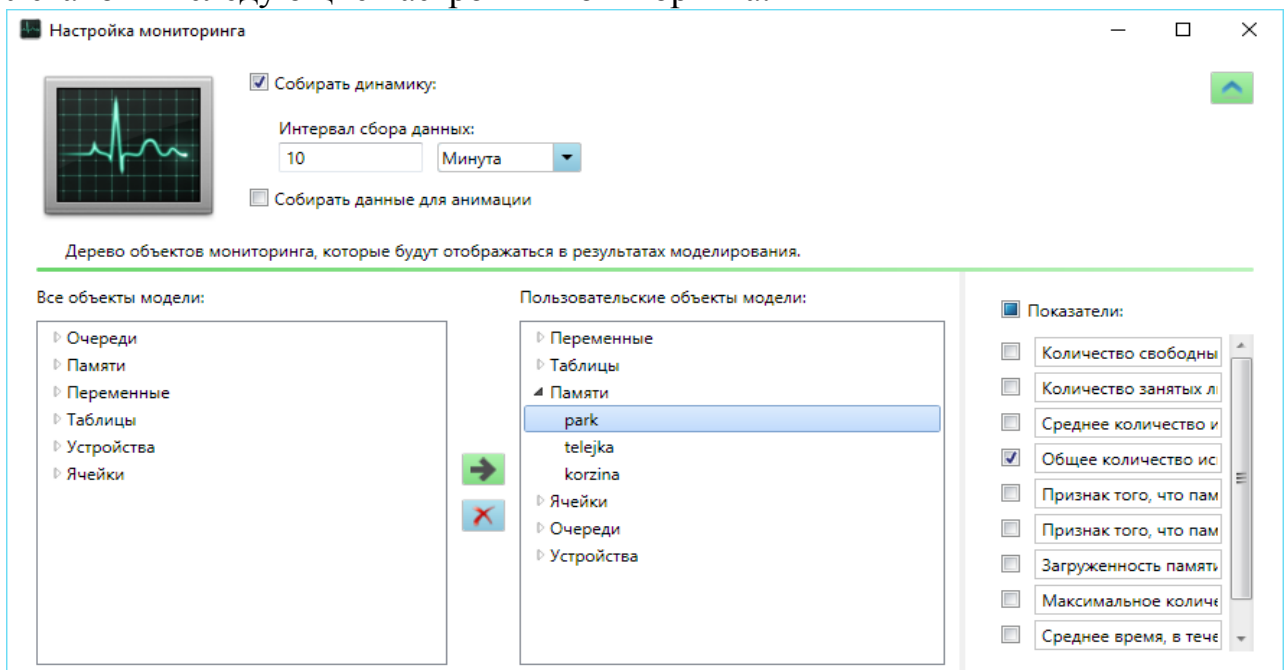


Рис.3.33. Настройка модели

Затем настроим мониторинг. Для этого необходимо в главном меню нажать *Формы, Настройки мониторинга*



Установим следующие настройки мониторинга:



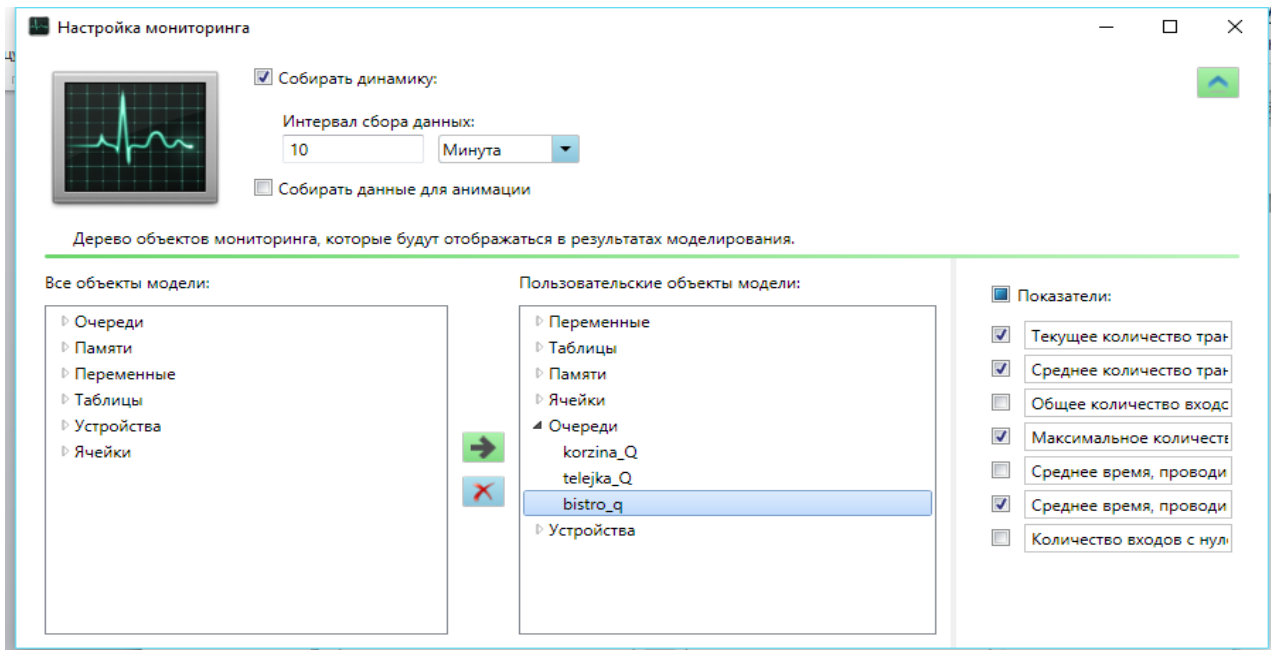


Рис.3.34. Настройка мониторинга

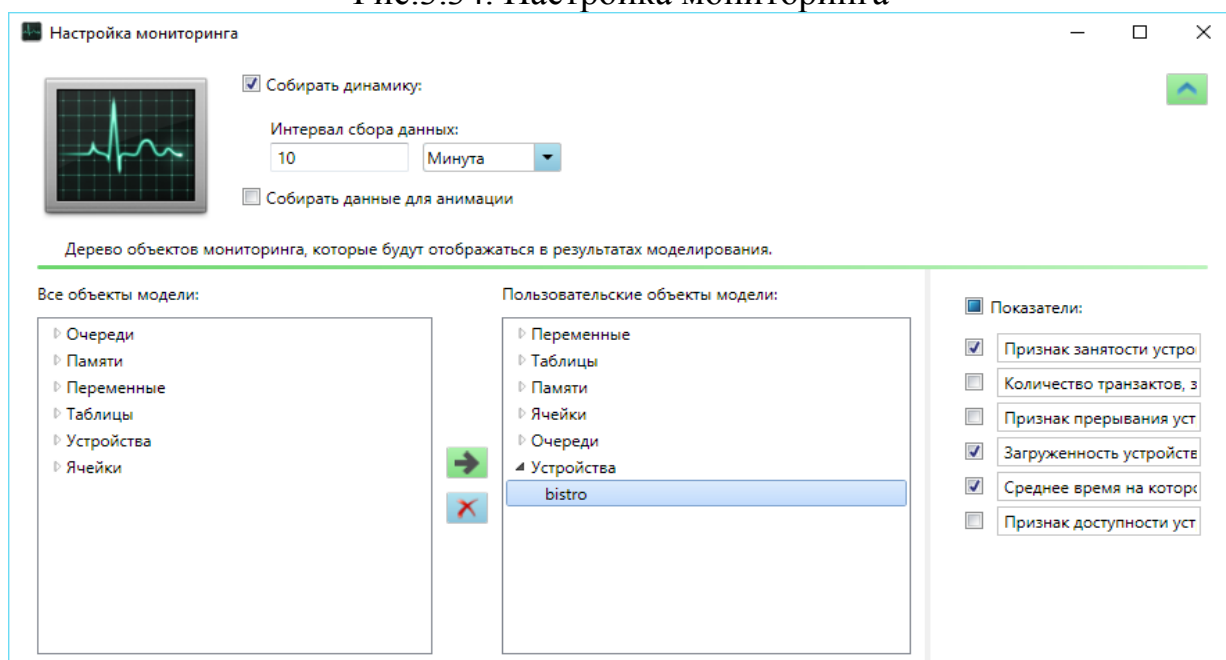
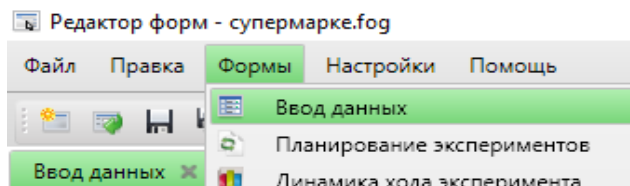
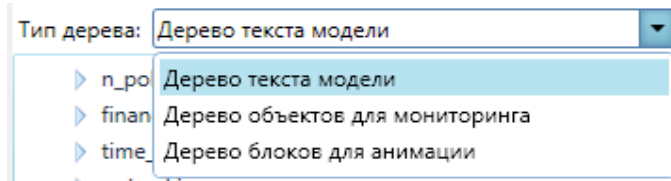


Рис.3.35. Настройка мониторинга других объектов модели и выдачи показателей

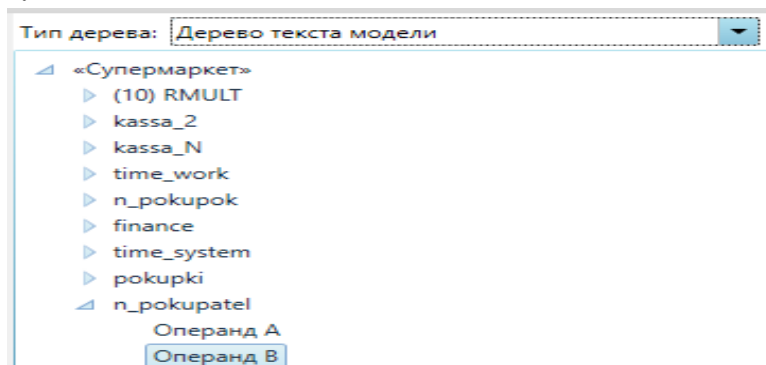
Настроим *Ввод данных*. Для этого на панели инструментов перейдем во вкладку *Формы* -> *Ввод данных*.



Выберем *Тип дерева: Дерево текста модели*.



В блоке *Супермаркет* выберем *Операнд В* из *n_pokupatel* и перетащим в рабочую область.



В блоке *Супермаркет* выберем *Операнд А* из *park* и перетащим в рабочую область.

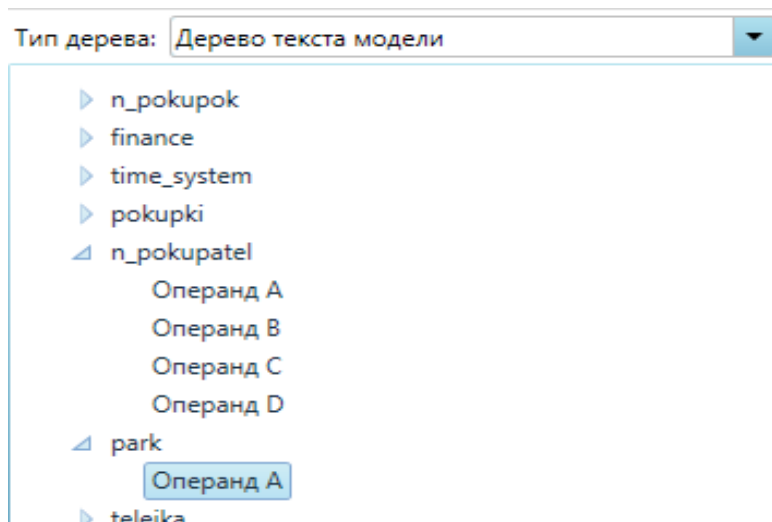
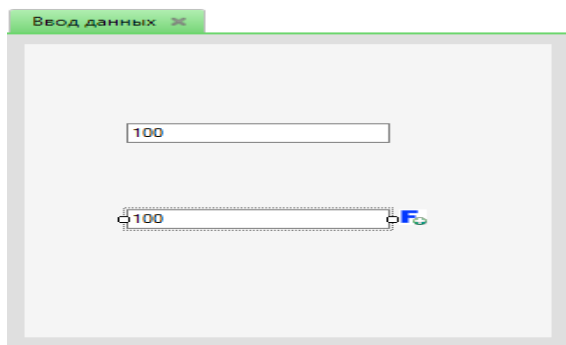


Рис.3.36. Настройка дерева текста



Добавим две надписи. Для этого на панели инструментов нажмем на значок *Надпись*.

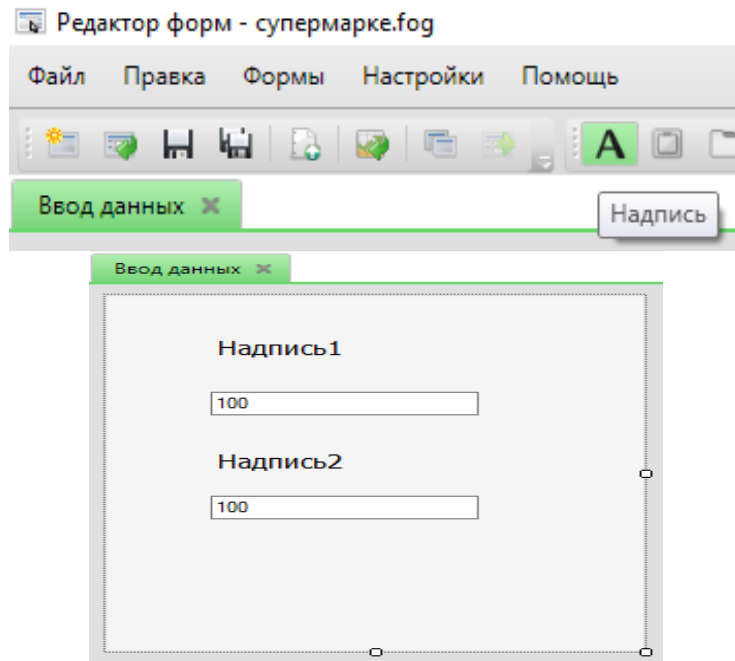


Рис.3.37. Надстройка ввода данных

Переименуем надписи в разделе свойств.

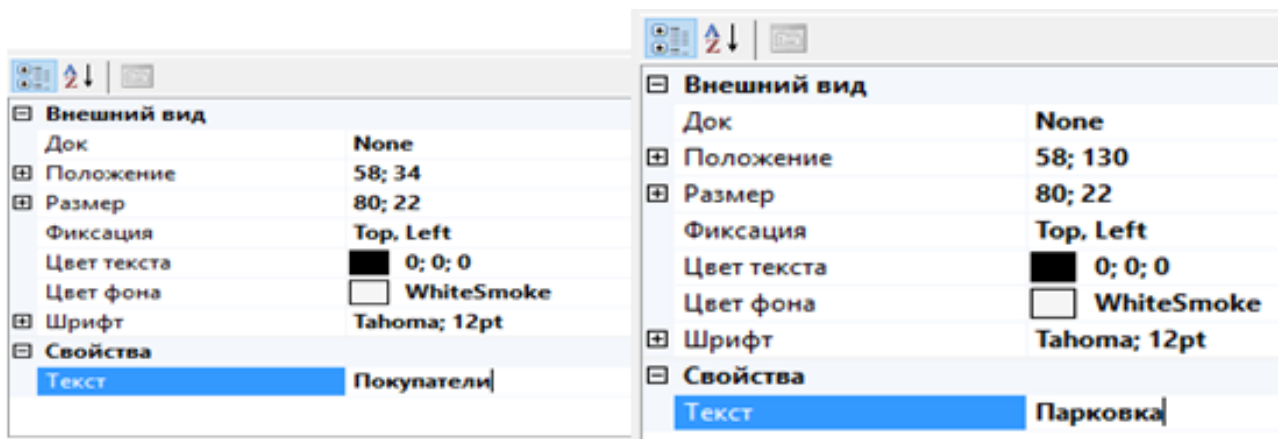


Рис.3.36.Разработка интерфейса свойств

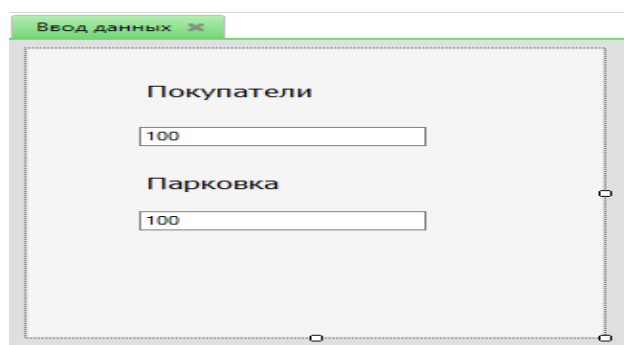


Рис.3.39.Настройка ввода данных

Сохраним форму. Для этого на панели инструментов нажмем на значок *Сохранить форму* или *Ctrl+S*.

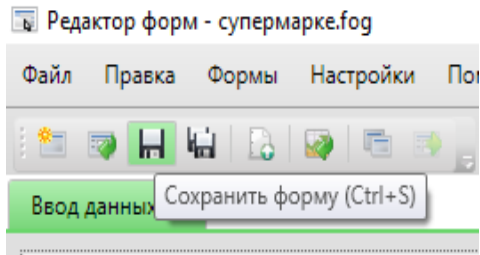


Рис.3.40.Сохранение формы

Проверим форму. Для этого перейдем во вкладку *Формы* -> *Проверить форму* или *F5*

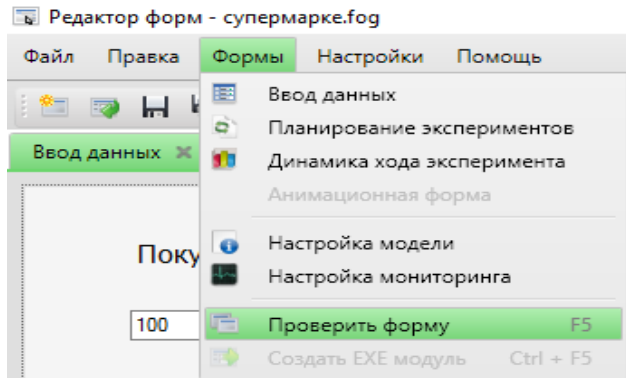
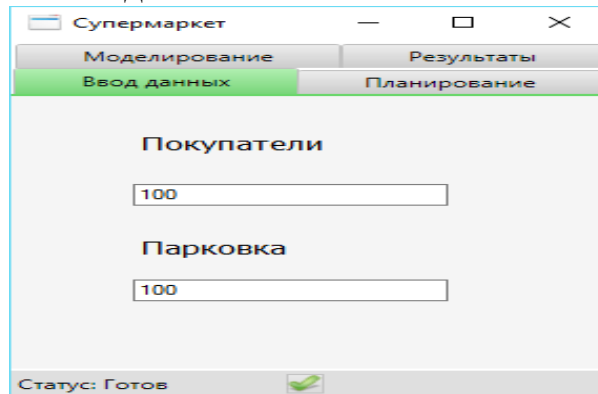


Рис.3.41.Проверка формы на интерфейс пользователя моделирования

В появившемся окне во вкладке *Ввод данных* оставим значения без изменений.



Перейдем во вкладку *Моделирование*. Нажмем на кнопку *Начать моделирование*.

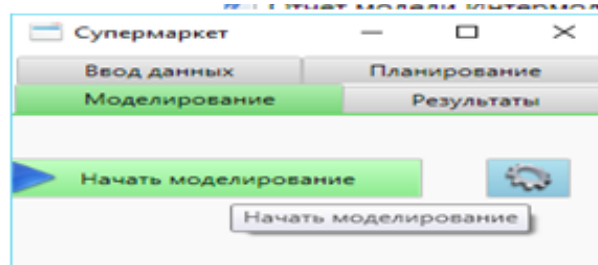


Рис.3.42.Моделирование

После завершения моделирования получим значения первого эксперимента.

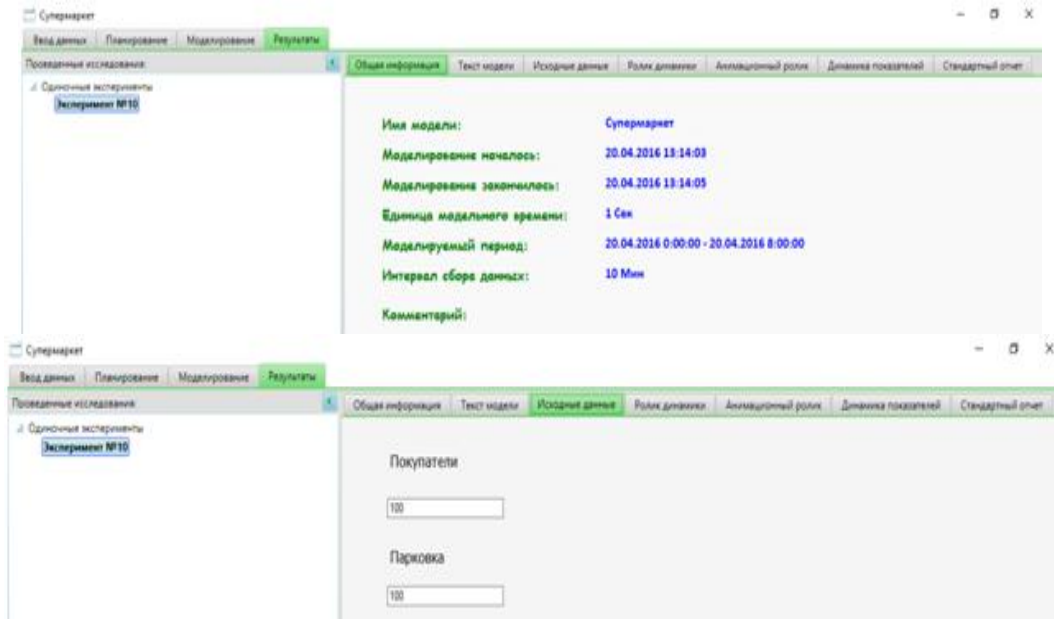


Рис.3.40. Открытие экранных форм после моделирования

Во вкладке *Динамика показателей* выберем соответствующие показатели и посмотрим графики.

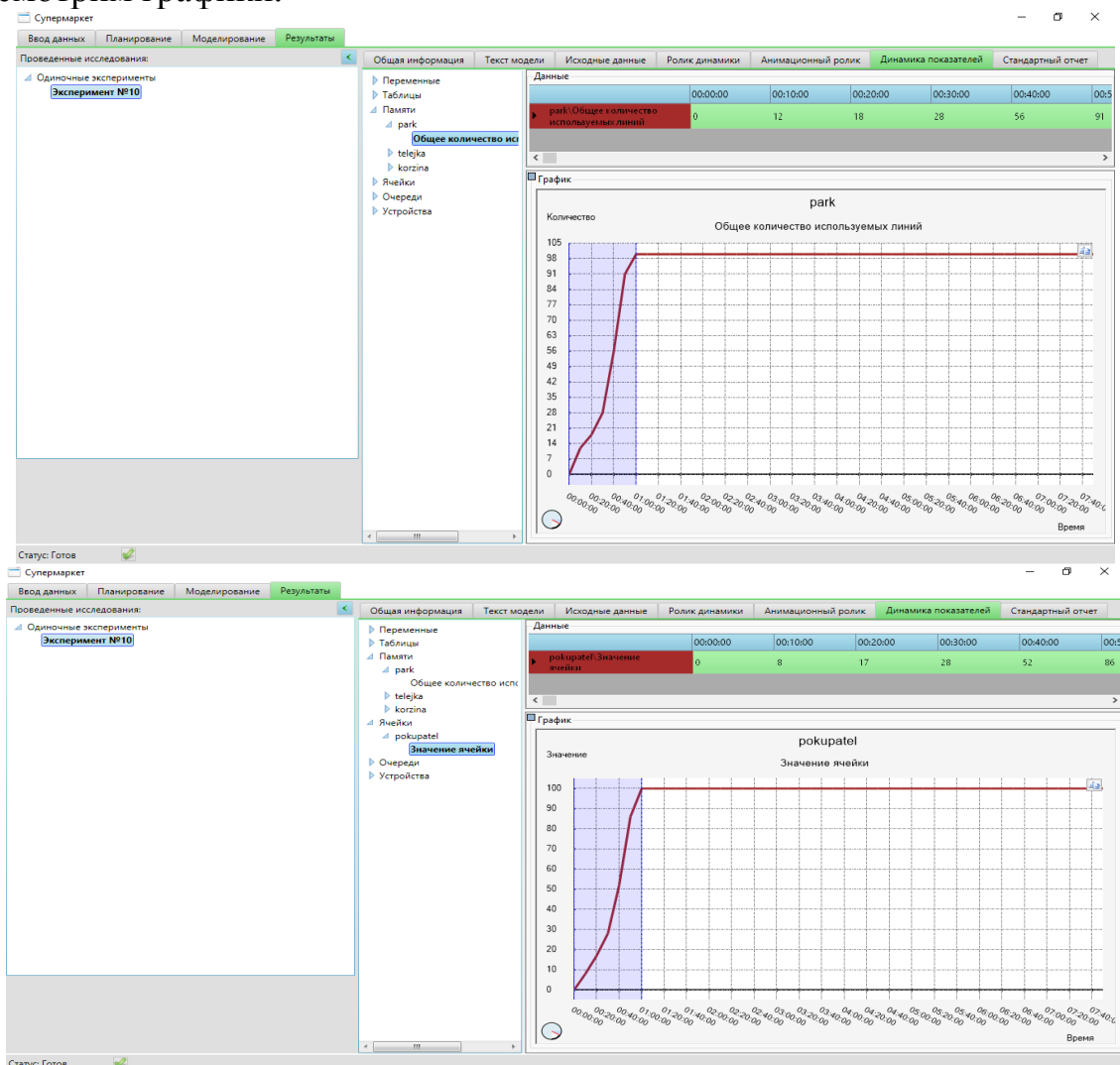


Рис.3.40. Результаты моделирования первого эксперимента.

Проделаем следующий эксперимент. Перейдем во вкладку *Ввод данных* и введем следующие значения.

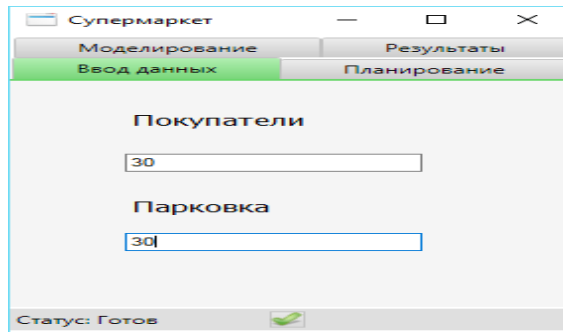


Рис.3.40. Ввод данных

Смоделируем эксперимент. Получим следующие графики.

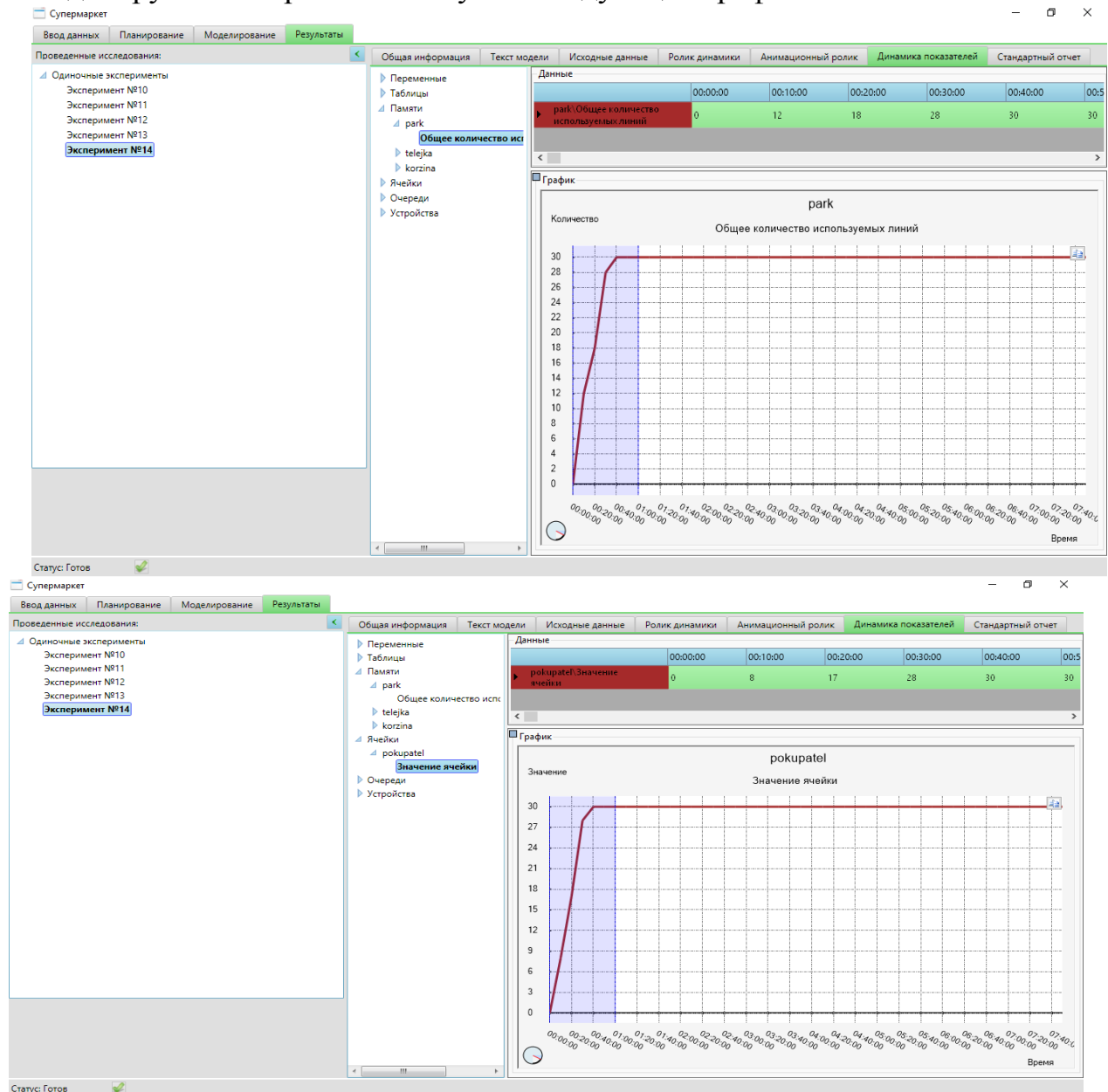


Рис.3.43. Результаты моделирования эксперимента №14.

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы в целом проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Супермаркет» и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения интерфейса окна моделирования имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

3.2. Моделирование работы швейной фабрики

Целью данной работы является разработка имитационной модели швейной фабрики в расширенном редакторе GPSS World. Постановка этой классической задачи и ее решение в GPSS было приведено в работе [14-15].

Постановка задачи. Задача моделирования швейной фабрики содержит следующие исходные данные:

На трикотажной фабрике 50 швей работают на 50 машинах по 8 часов в день и по 5 дней в неделю. Любая из этих машин в любой момент во время работы может выйти из строя. В этом случае ее сразу заменяют резервной машиной. Если резервных машин нет, то швея простаивает до появления резервной машины, причем почасовой убыток от простоя одной швеи составляет 20 у.е.

Тем временем сломанную машину передают в ремонтную мастерскую, где чинят в течение 7 ± 3 ч и возвращают в цех уже в качестве резервной. Известно, что время наработки на отказ для швейной машины составляет 157 ± 25 ч. Оплата одного рабочего в ремонтной мастерской – 3,75 у.е. в час. Для создания запаса резервных машин предлагается кроме собственных 50 машин арендовать еще несколько по цене 30 у.е. в день. Управляющий должен решить, сколько

рабочих следует нанять для работы в мастерской и сколько машин арендовать, чтобы ежедневные издержки производства были минимальны.

Схема процесса и предварительный анализ

Формально поставленную выше задачу можно записать в виде оптимизационной задачи:

$$\text{COST}(N_p, N_m) \rightarrow \min,$$

где N_p – число рабочих, нанимаемых для ремонта, N_m – число машин, арендуемых для создания резерва, COST – издержки, зависящие от выбора величин N_p и N_m .

Схема процесса, в котором формируются эти издержки, приведена на рис.1. Поскольку процесс отказов машин случайный, то реальные издержки, возникающие ежедневно на швейной фабрике, будут случайными. Поэтому величину COST мы определим как средние ежедневные издержки производства.

Линии со стрелками на рис.1 показывают движение швейных машин в процессе их отказов и ремонта.

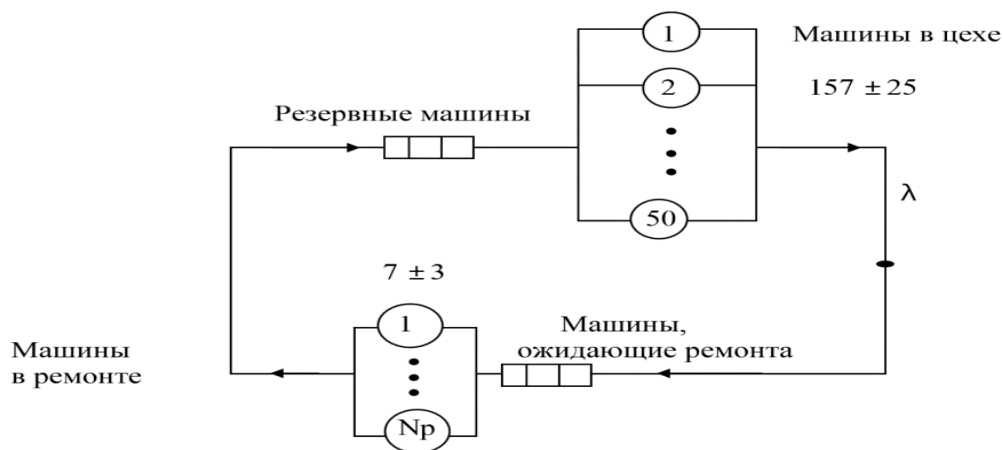


Рис. 3.44

Швейный цех изображен в виде многоканальной СМО с 50 местами. Можно поставить в соответствие этому цеху память GPSS, которая имеет емкость 50 единиц, а в соответствие машинам – транзакты, которые будут занимать места в этой памяти на время безотказной работы 157 ± 25 ч.

Резервные машины образуют очередь к швейному цеху. Сломанная машина освобождает место в цехе и переходит на участок ремонта. Здесь она может попасть в очередь, если все рабочие уже заняты. Отремонтированная машина вновь поступает в резерв.

Таким образом, система в целом представляет собой замкнутую сеть массового обслуживания, в которой циркулируют $50 + N_m$ заявок (машин).

Данная сеть может быть описана системой интегро-дифференциальных уравнений. Но получаются уравнения такого типа, решить которые математикам до сих пор не удается. По мнению известных математиков, нет надежды, что в ближайшие 100 лет появятся методы точного решения таких уравнений.

Имитационное моделирование позволяет находить все необходимые характеристики систем, не составляя и не решая уравнений.

Средние издержки за один рабочий день можно выразить следующим образом:

$$\text{COST} = 30(N_p + N_m) + 8000(1 - R),$$

где N_p – число рабочих, нанятых для работы на участке ремонта,

N_m – число арендуемых для резерва машин (сверх 50-ти собственных).

R – коэффициент использования швейного цеха.

Величину $(1-R)$ в формуле можно назвать коэффициентом простоя – это средняя доля времени, в течение которого каждое место в цехе простаивает (швея простаивает без работы). Поэтому величина $8*(1-R)$ равна среднему времени простоя одной швеи в течение 8-часового рабочего дня, а величина $20*8*(1-R)$ – это средние издержки за рабочий день от простоя одной швеи, а $50*20*8*(1-R) = 8000*(1-R)$ – средние издержки за рабочий день от простоя всех 50-ти швей.

Первое слагаемое в приведенной формуле для COST выражает издержки, которые включают оплату за N_m арендуемых машин (по 30 у.е. в день за одну машину) и оплату одного дня работы всем N_p рабочим, по 30 у.е. в день каждому.

Моделирование приходится выполнять потому, что мы не можем иным путем определить величину R , входящую в формулу для издержек.

Естественно будет предположить, что в оптимальном варианте системы коэффициент загрузки швейного цеха будет близок к единице, т.е. что в оптимальном варианте в цехе будут практически без простоя работать все 50 швей. Тогда средняя интенсивность отказов машин λ составит величину

$$\lambda = 50*(1/157) \approx 1/3 \text{ (отказов в час),}$$

где: 157 – среднее время между отказами одной работающей машины,

1/157 – средняя интенсивность отказов одной машины,

50 – число работающих машин в цехе,

λ – средняя интенсивность отказов всех работающих машин, т.е. среднее число машин, поступающих за 1 час на участок ремонта.

Интенсивность ремонта машин μ должна быть не меньшей чем λ (рабочие должны успевать ремонтировать за один час в среднем не меньше машин, чем за это время поступает):

$$\mu \geq \lambda,$$

где $\mu = N_p * (1/7)$ – интенсивность ремонта машин всеми N_p рабочими, 7 – среднее время ремонта машины одним рабочим, $(1/7)$ – интенсивность ремонта машин одним рабочим. Следовательно

$$N_p * (1/7) \geq 1/3,$$

$$N_p \geq 7/3,$$

$$N_p \geq 2,3,$$

$$N_p.\min = 3.$$

Исходя из того, что в оптимальном решении $N_p \geq 3$, можно предположить, что и число резервных машин N_m также должно быть не меньше трех, т.к. для того, чтобы 50 машин работало, а 3 находились в ремонте, нужно иметь три резервных машины.

Выполненный здесь анализ является приближенным, но он позволяет начать перебор вариантов с более или менее разумного решения, в котором число рабочих и число резервных машин принимается равным трем.

Напишем модель для этого варианта управленческого решения и определим для него величину издержек COST.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и изложенной в справке по универсальному редактору форм.

Построение имитационной модели процесса работы фабрики

Построение имитационной модели начнем с создания проекта в расширенном редакторе GPSS World

1. Для этого в окне модели выбрать текущие проекты и нажать создать проект.

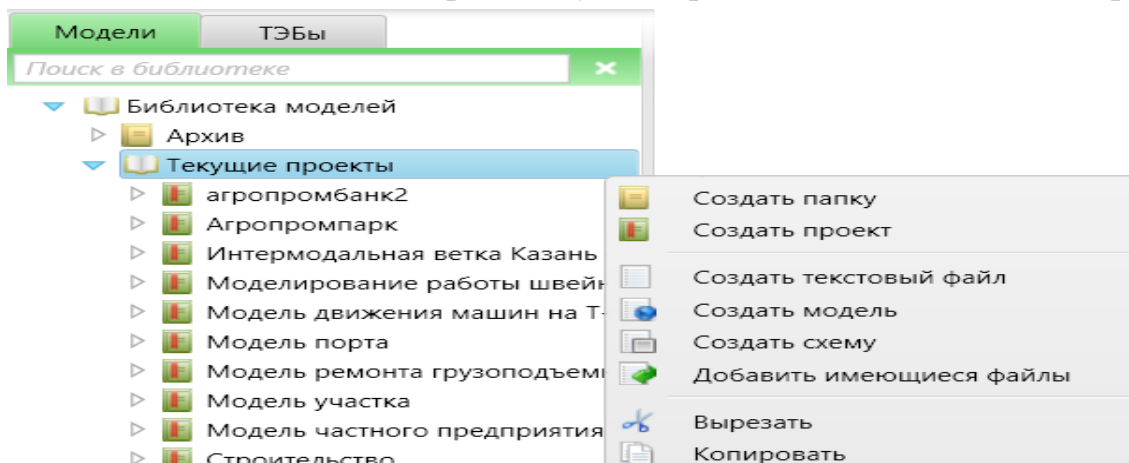


Рис 3.45. Окно моделей.

В открывшемся окне указать имя проекта и описание

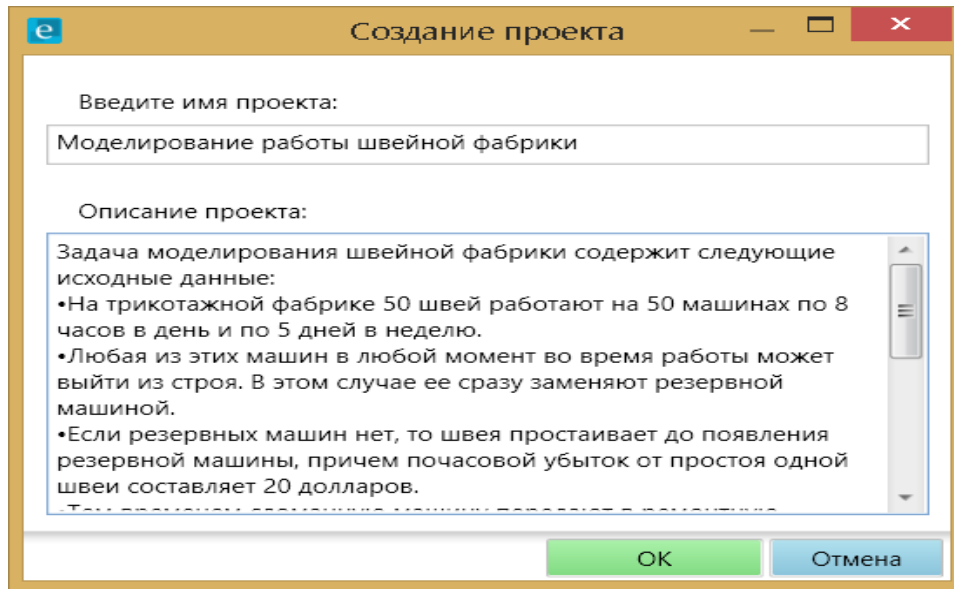


Рис. 3.46.Окно создания проекта

2. Далее раскрываем созданную папку нашего проекта и удаляем файл модели, т.к. он нам не нужен, код будет собираться по схеме. Правой кнопки мыши выбираем пункт «Создать схему».
3. Создаем схему имитационной модели согласно схеме процесса работы фабрики показанной на рис.3.44.

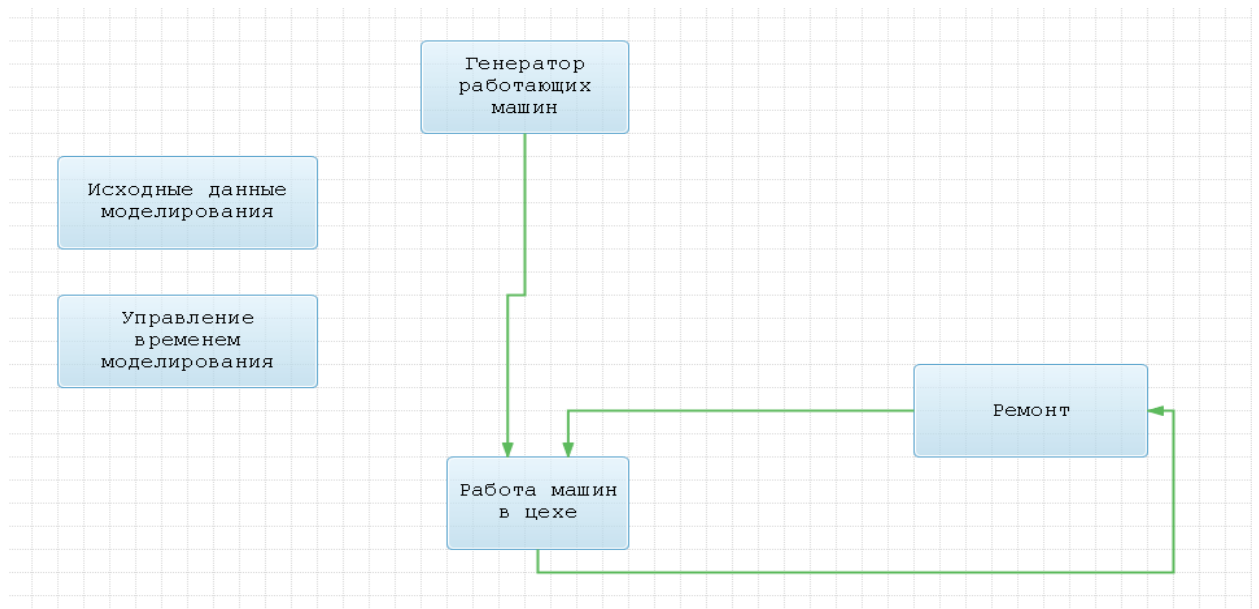


Рис. 3.47. Исходный вид схемы

После построения схемы, начинаем заполнять блоки (ТЭБы).

4. Первый ТЭБ «Генератор работающих машин».

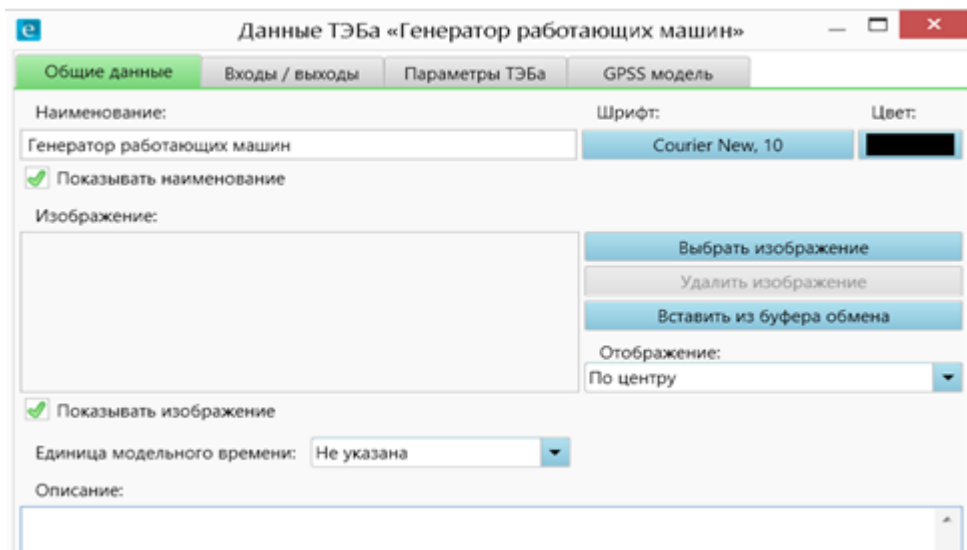


Рис. 3.48. ТЭБ «Генератор работающих машин»

5. Добавить один выход с помощью кнопки добавить (Рис.3.49)

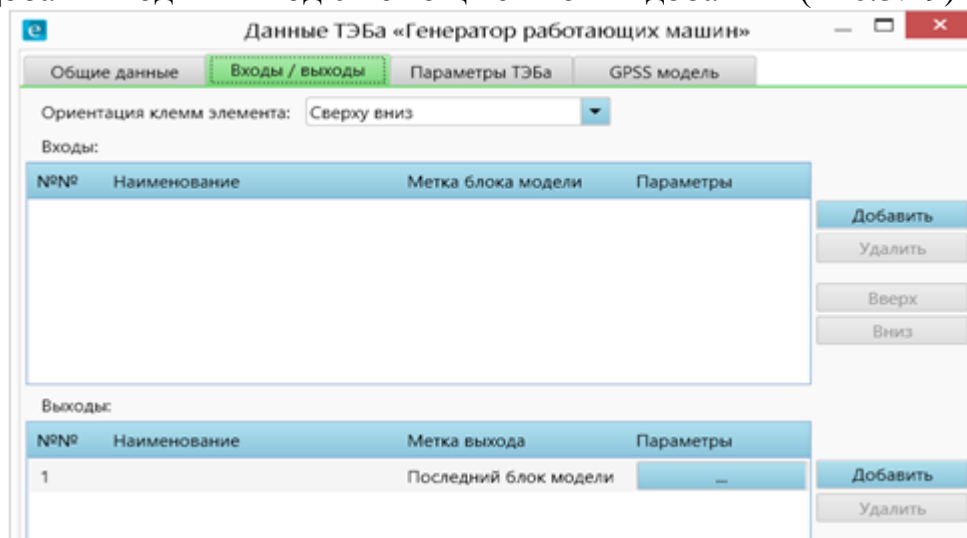


Рис.3.49. ТЭБ генератор машин «входы/выходы»

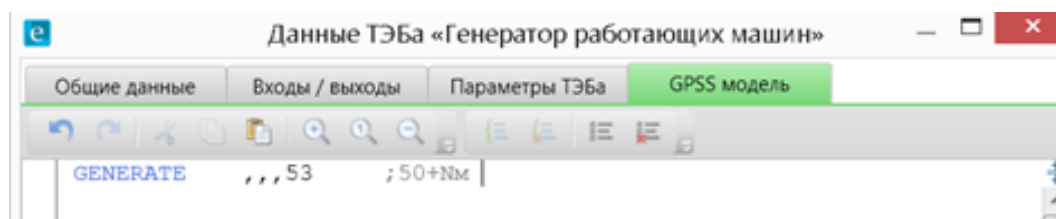


Рис.3.50. ТЭБ генератор работающих машин «GPSS модель»

Блок GENERATE ,, ,53 генерирует 53 транзакта в нулевой момент времени, что соответствует вводу в действие 50-ти собственных машин и 3-х арендуемых для резерва.

6. Создать второй ТЭБ «Ремонт машин»

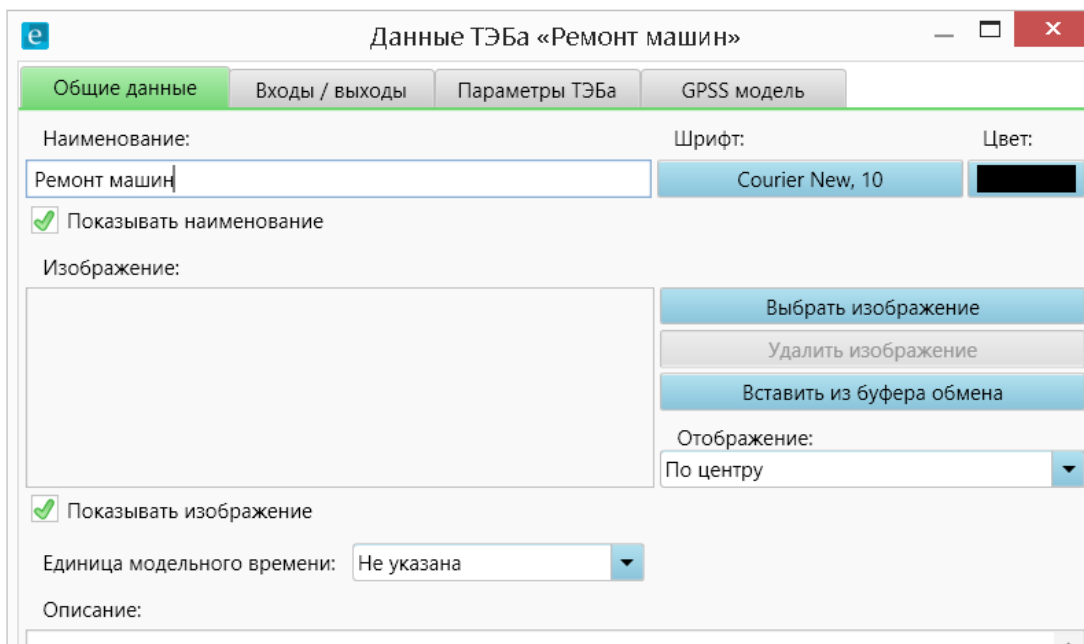


Рис.3.51. Ремонт машин «Общие данные»

7. Добавить один вход и выход

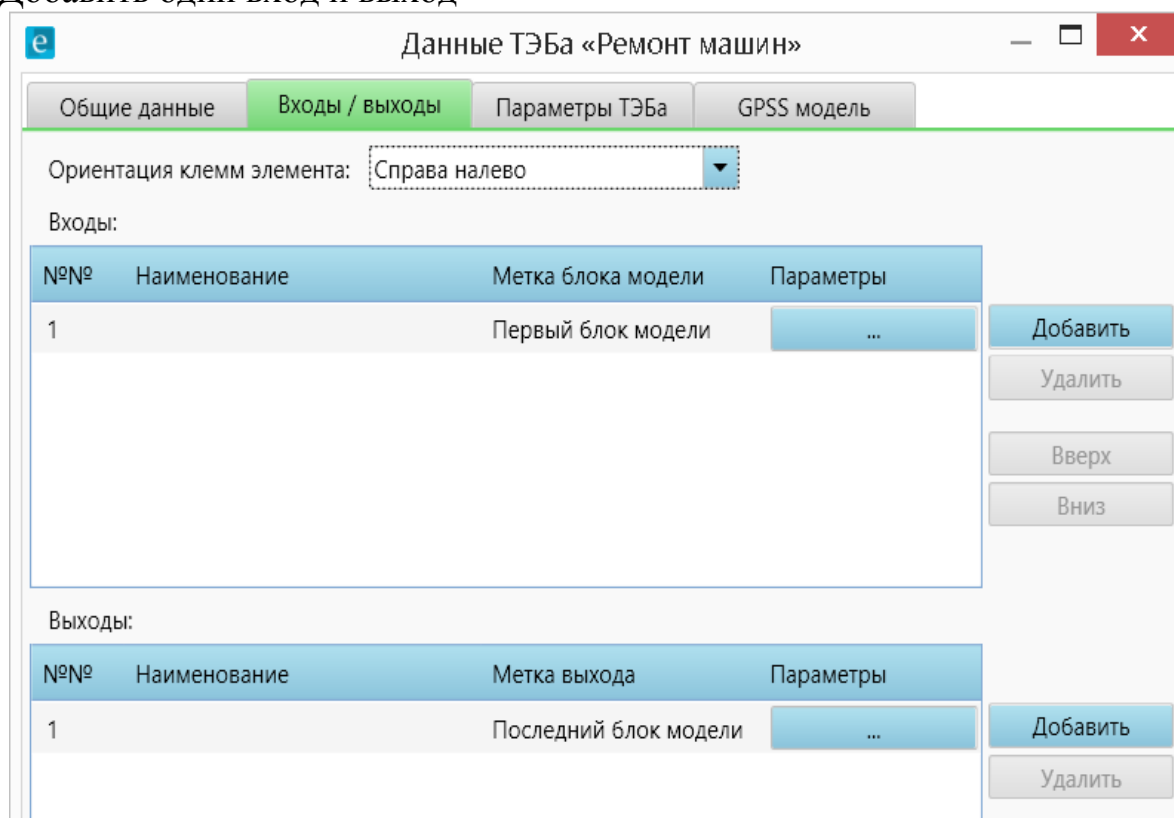


Рис.3.52. Ремонт машин «Вход/выход»

8. В GPSS модель добавить следующее:

PUSK ENTER MEN моделирует установку машин на участок ремонта в цехе. Т.к. емкость памяти MEN равна 3, то в нее войдет 3 транзактов, а останутся в состоянии ожидания в очереди к памяти.

ADVANCE 7,3 задерживает транзакты на время 7 ± 3 единиц, которое соответствует времени ремонта машин. Через такое случайное время транзакты, занимающие память, будут выходить из блока ADVANCE и в следующем блоке LEAVE MEN освобождают место, занимаемое в памяти MEN.

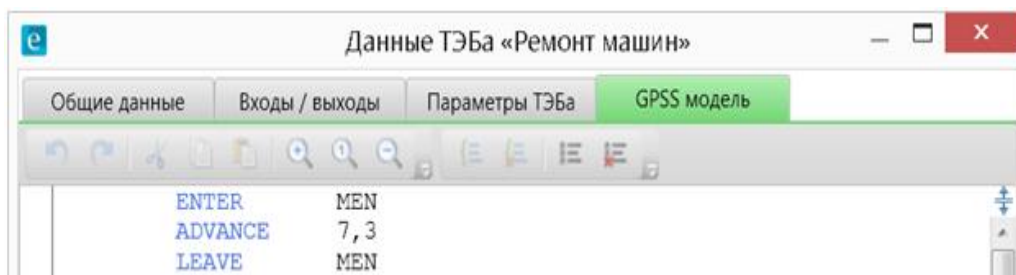


Рис. 3.53. Ремонт машин - GPSS модель

9. Создать ТЭБ «Работа машин в цехе»

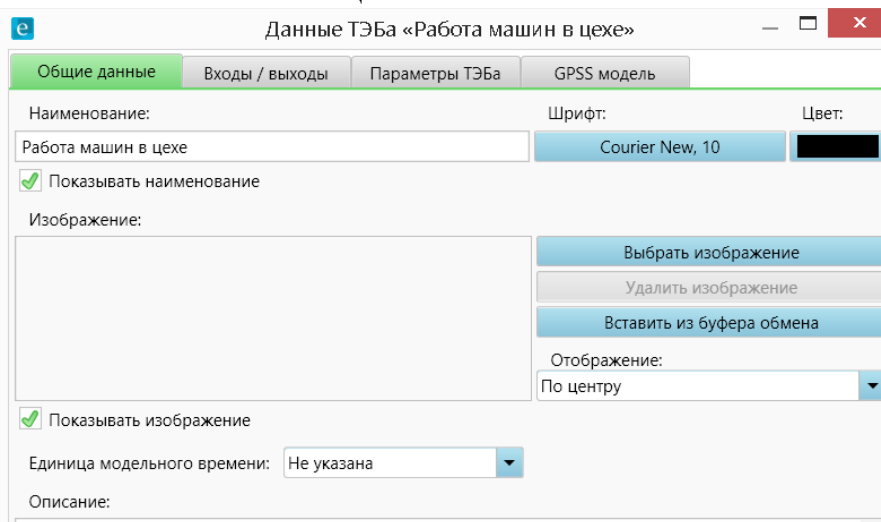


Рис.3.54. ТЭБ «Работа машин в цехе»

10. Добавить 2 входа и 1 выход

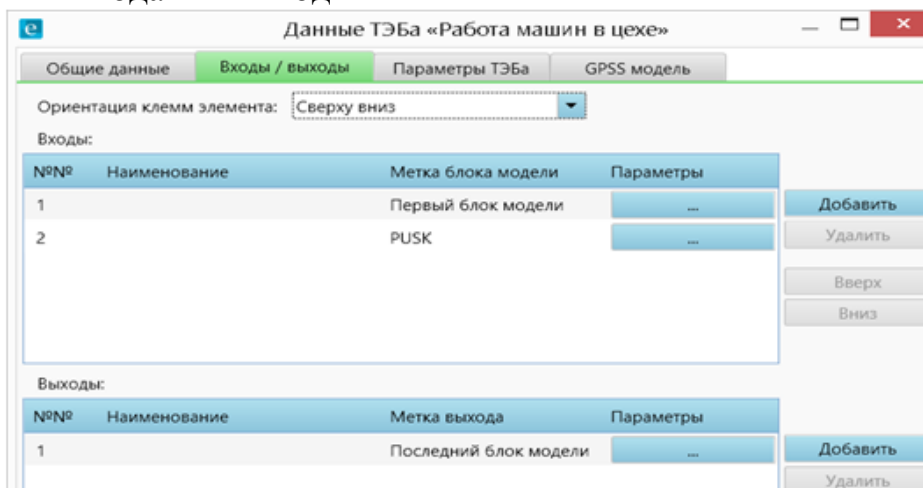


Рис.3.55. ТЭБ Работа машин в цехе «Входы/выходы»

11. Добавить в GPSS модель следующие данные:

Блок PUSK ENTER SEN моделирует установку машин на рабочие места в цехе. Т.к. емкость памяти SEN равна 50, то в нее войдет 50 транзактов, а 3

транзакта останутся в состоянии ожидания в очереди к памяти, моделируя резервные машины.

ADVANCE 157,25 задерживает транзакты на время 157 ± 25 единиц, которое соответствует времени безотказной работы машин. Через такое случайное время транзакты, занимающие память, будут выходить из блока ADVANCE и в следующем блоке

LEAVE СЕН освобождать место, занимаемое в памяти СЕН. Аналогично строкам 70,80 и 90, описывающим прохождение машин через швейный цех, строки 100,110 и 120 описывают движение машин через участок ремонта.

TRANSFER ,PUSK пересылает транзакты в блок с меткой PUSK, что соответствует переходу отремонтированной машины - в качестве резервной - в швейный цех.

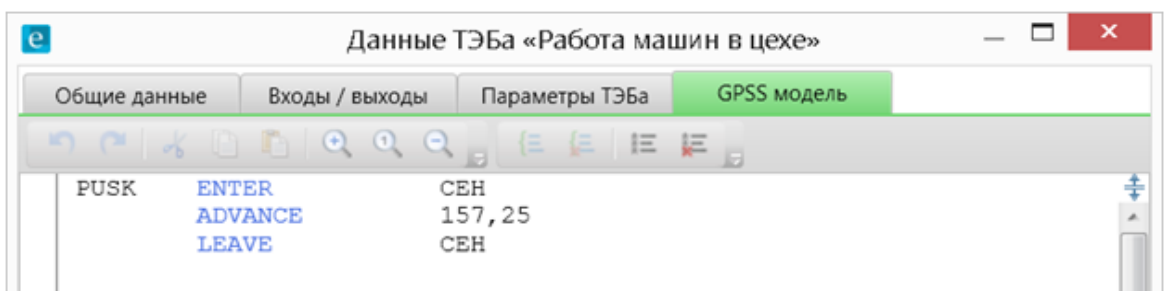


Рис. 3.56 ТЭБ Работа машин в цехе «GPSS модель»

12. Добавим ТЭБ «Исходные данные моделирования»

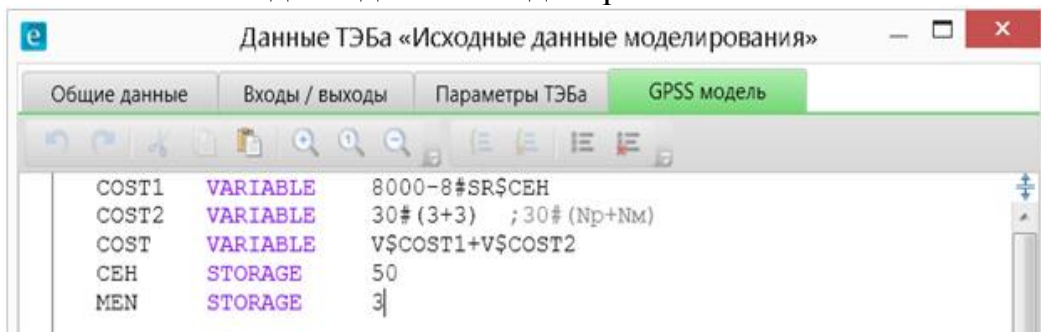


Рис.3.57. Исходные данные моделирования «GPSS модель».

13. Добавим ТЭБ «Управление временем моделирования»

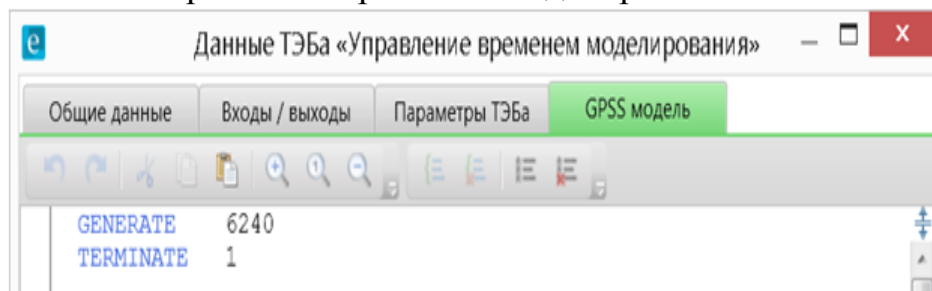


Рис. 5.58. ТЭБ Управление временем моделирования

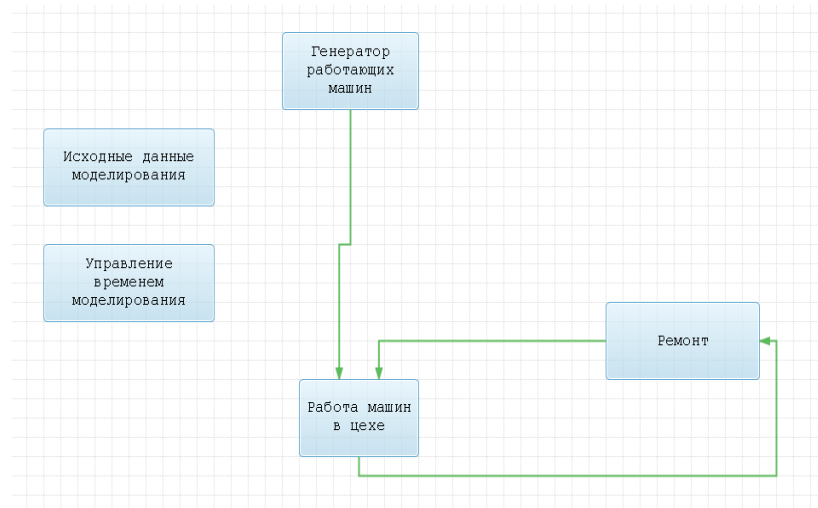


Рис. 3.59. Исходный вид схемы

14. Собрать модель по нашей схеме. Нажать кнопку «Собрать модель» на верхней панели.



Рис.3.60

Должен получиться такой код

```

* ТЗБ «Исходные данные моделирования»
* Операторы модели
COST1    VARIABLE    8000-8#SR#CEH
COST2    VARIABLE    30#(3+3) ; 30#(Np+Nsd)
COST     VARIABLE    V#COST1+V#COST2
CEH      STORAGE     50
MEN      STORAGE     3
          TERMINATE

* ТЗБ «Управление временем моделирования»
* Операторы модели
          GENERATE    €240
          TERMINATE    1

* ТЗБ «Генератор работающих машин»
* Операторы модели
          GENERATE    ,, , 53
* Выход #1 <=>
          TRANSFER    , PUSK

* ТЗБ «Работа машин в цехе»
* Операторы модели
PUSK     ENTER       CEH
          ADVANCE    157,25
          LEAVE      CEH
* Выход #1 <=>
          TRANSFER    , autoLabel_1

* ТЗБ «Ремонт»
* Операторы модели
autoLabel_1 ENTER     MEN
          ADVANCE    7,3
          LEAVE      MEN
* Выход #1 <=>
          TRANSFER    , PUSK
  
```

15. Работа с моделью швейной фабрики в редакторе форм. Для начала работы с редактором форм выберите «Файл» -> «Новая форма». Или нажмите сочетание клавиш CTRL+N.

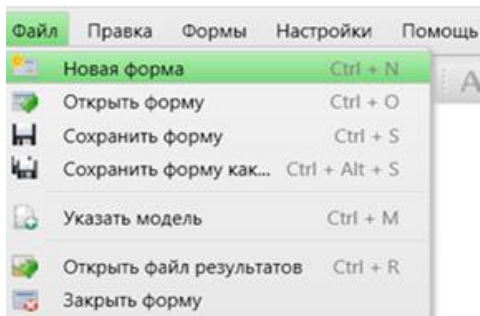


Рис. 3.61 Открытие формы

16. Далее нужно *Указать модель* швейной фабрики из папки нашего проекта

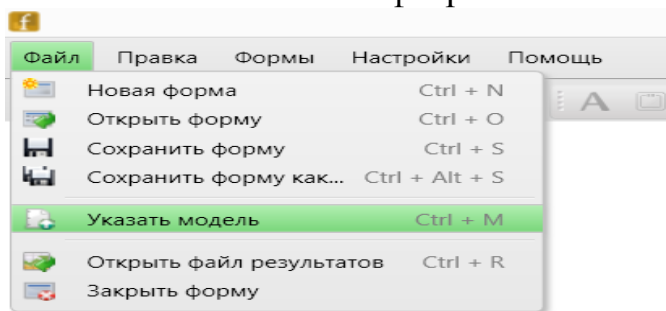


Рис. 3.62.

17. Выбрать пункт «Формы» -> «Настройка модели»

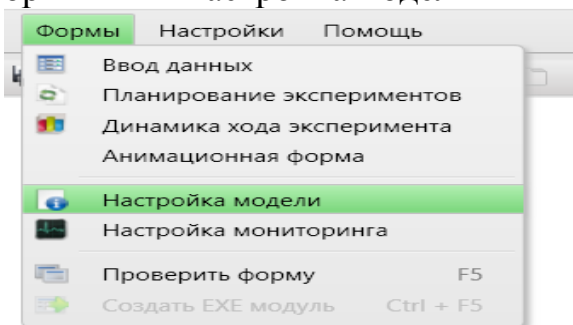


Рис.3.63

18. Выставить следующие настройки модели:

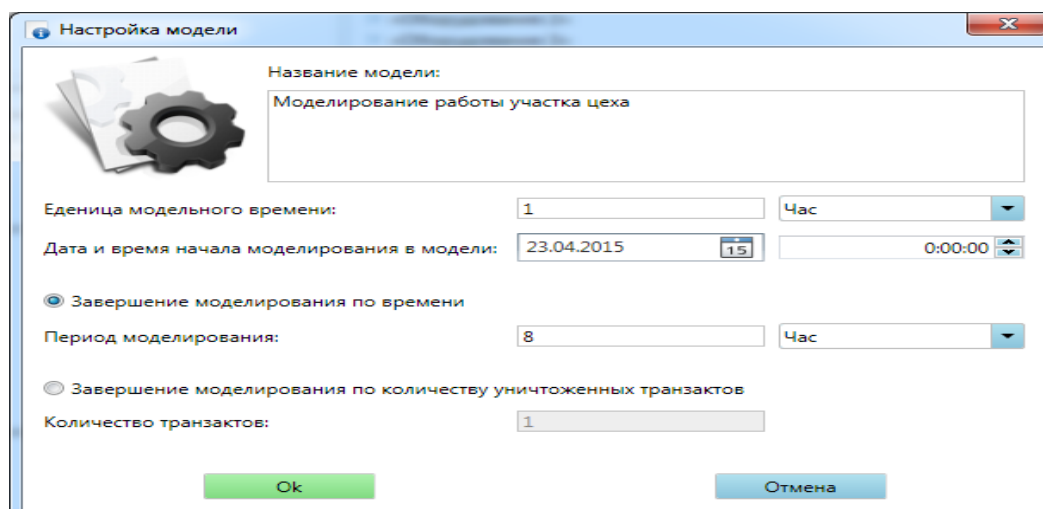


Рис.3.64. Настройка модели

19. Выбрать пункт «Настройка мониторинга».

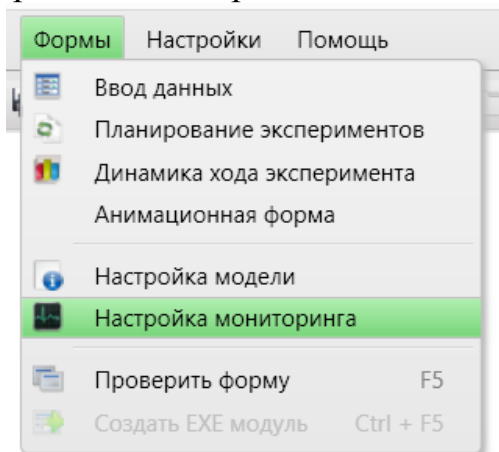


Рис. 3.65

20. В появившемся окне выберем интересующие нас переменные и памяти.

Для переменной COST нужно выбрать показатель «Результат вычисления целочисленной переменной».

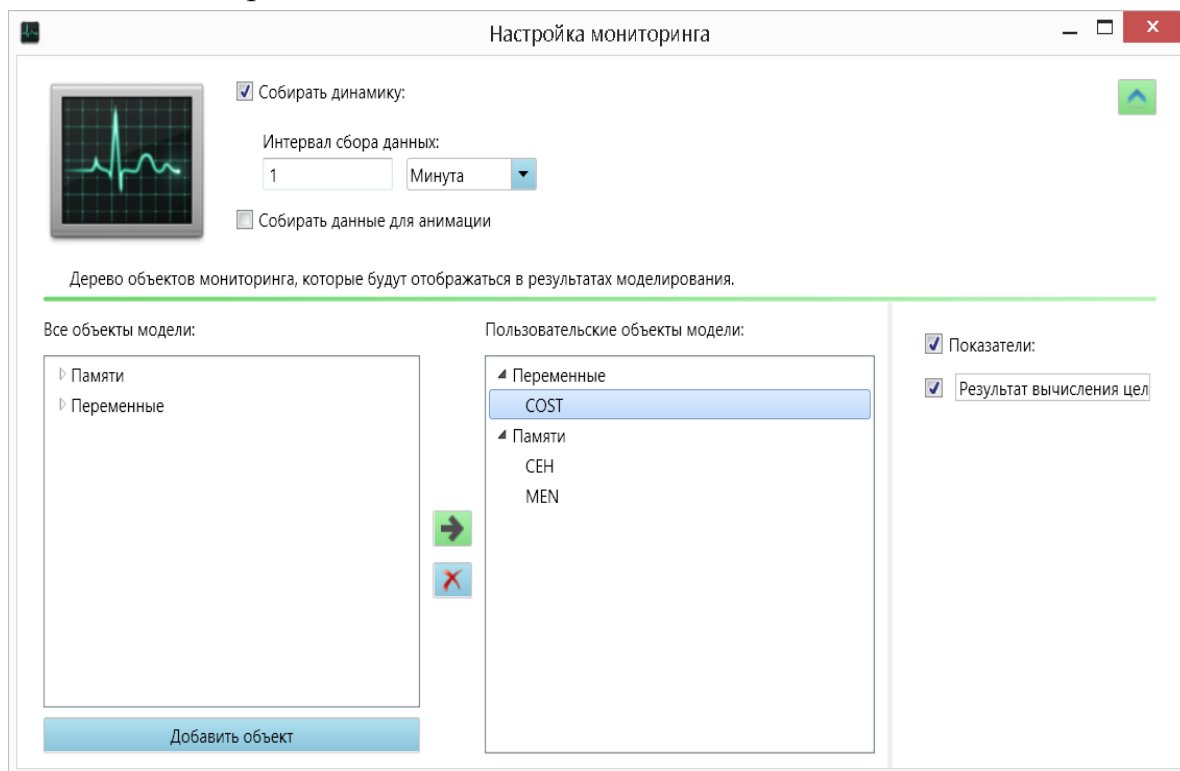


Рис.3.66. Настройка мониторинга

21. Для памяти СЕН и МЕН выбрать показатели *Количество занятых линий, Загруженность памяти, Максимальное количество одновременно занятых линий, Среднее время*, в течении которого занимается линия.

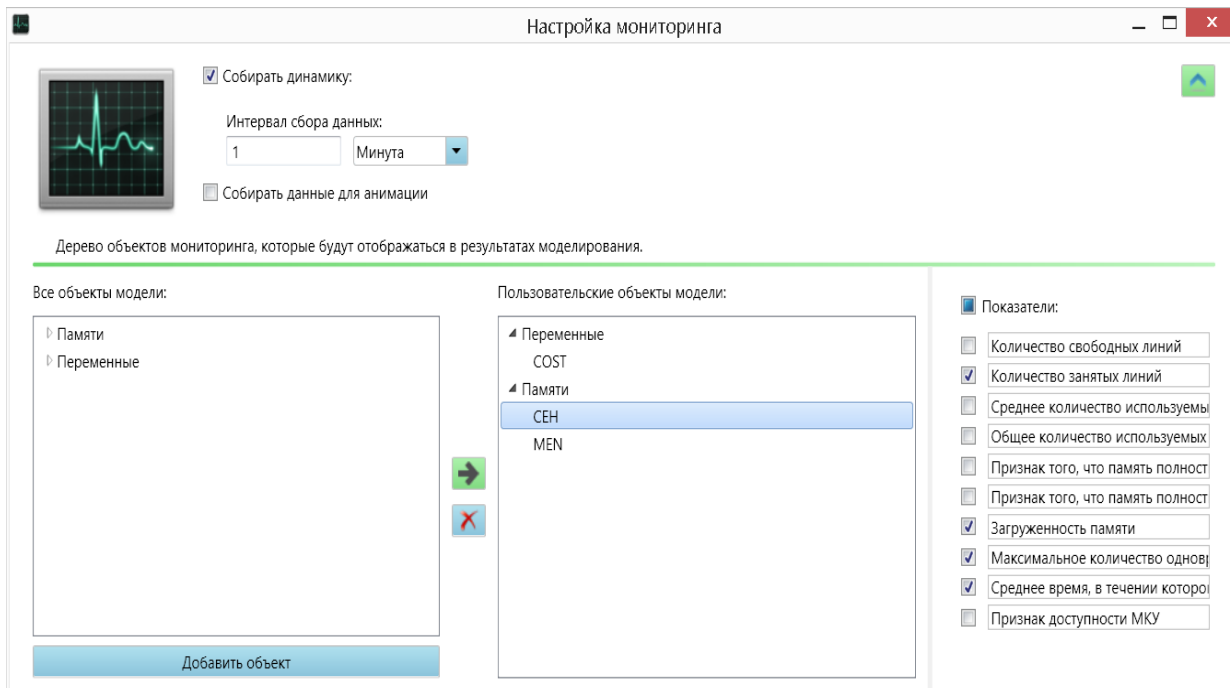


Рис.3.67. Настройка мониторинга

22. Для планирования экспериментов входим в редактор форм *Форма - Планирование эксперимента* и начинаем заполнение таблицы с *Целевых показателей*, для этого откроем *Дерево объектов для мониторинга*, расположенного в правом верхнем углу. Перетаскиваем мышью характеристики, динамику которых мы хотим изучить (рис.3.67). Далее заполняем таблицу *Факторы*, из типа дерева: *Дерево текста модели*, затем таблицу *Плана эксперимента*.

23. На панели инструментов нажать «*Проверить форму*» или кнопку F5. Выбрать пункт моделирования, начать моделирование. Дождаться завершения эксперимента.

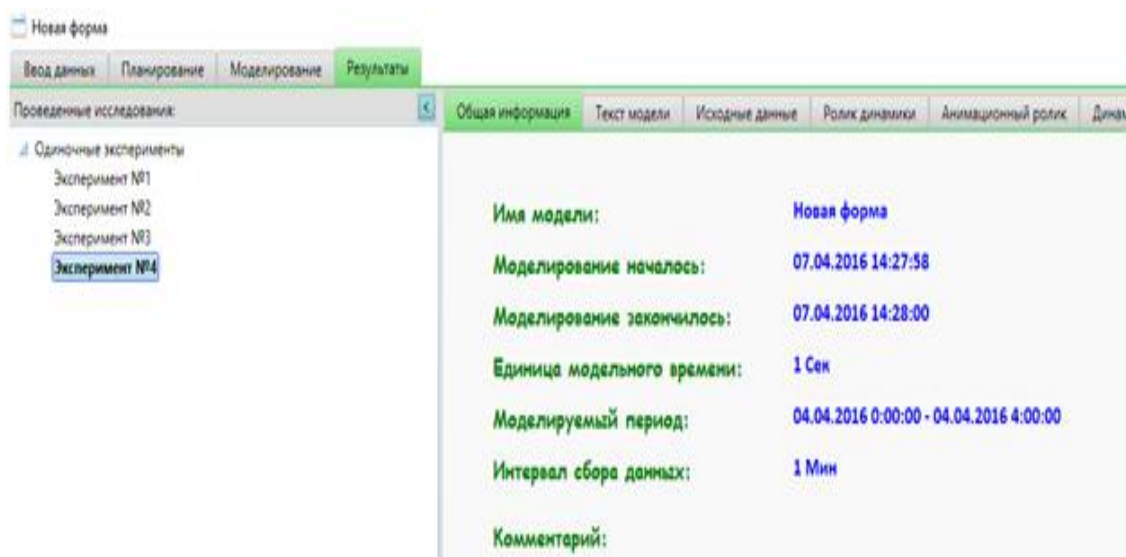


Рис.3.68

Получившиеся графики:

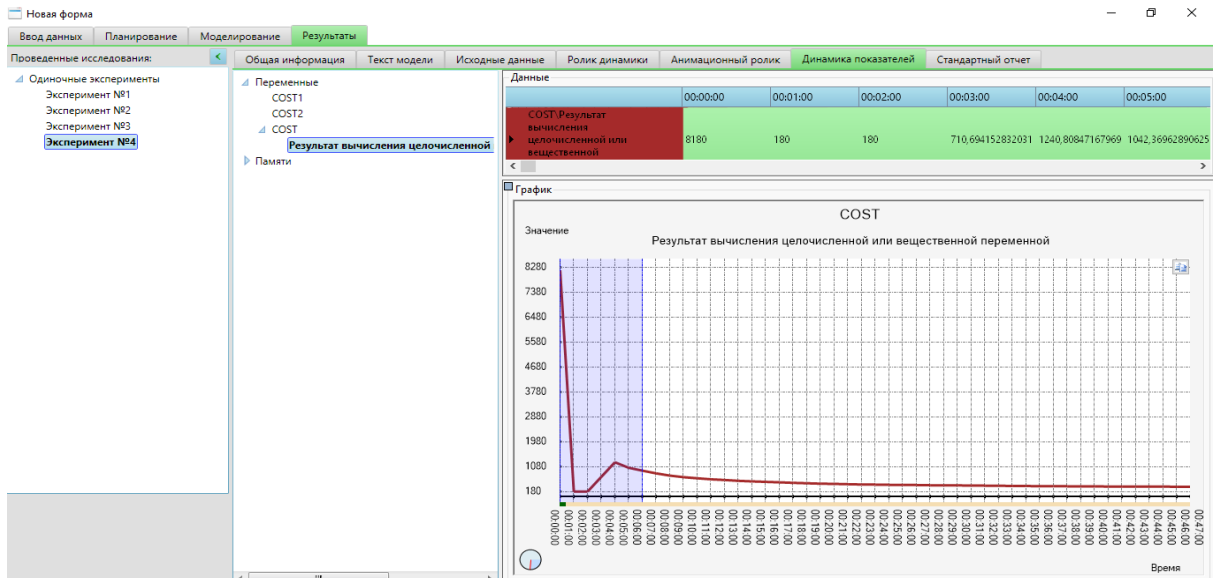


Рис.3.69. Результат вычисления целочисленной и вещественной переменной

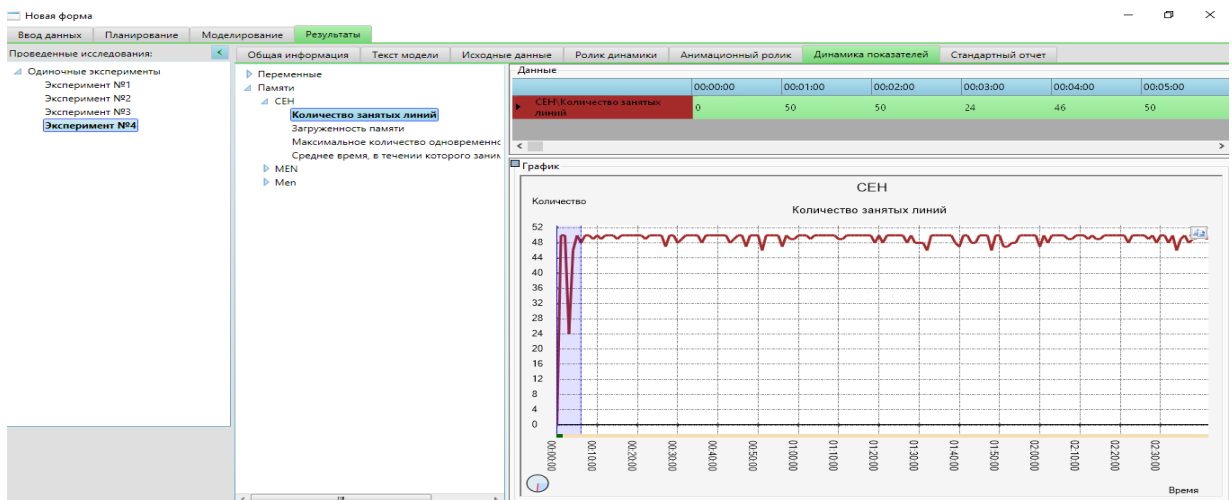


Рис.3.70. Количество занятых линий

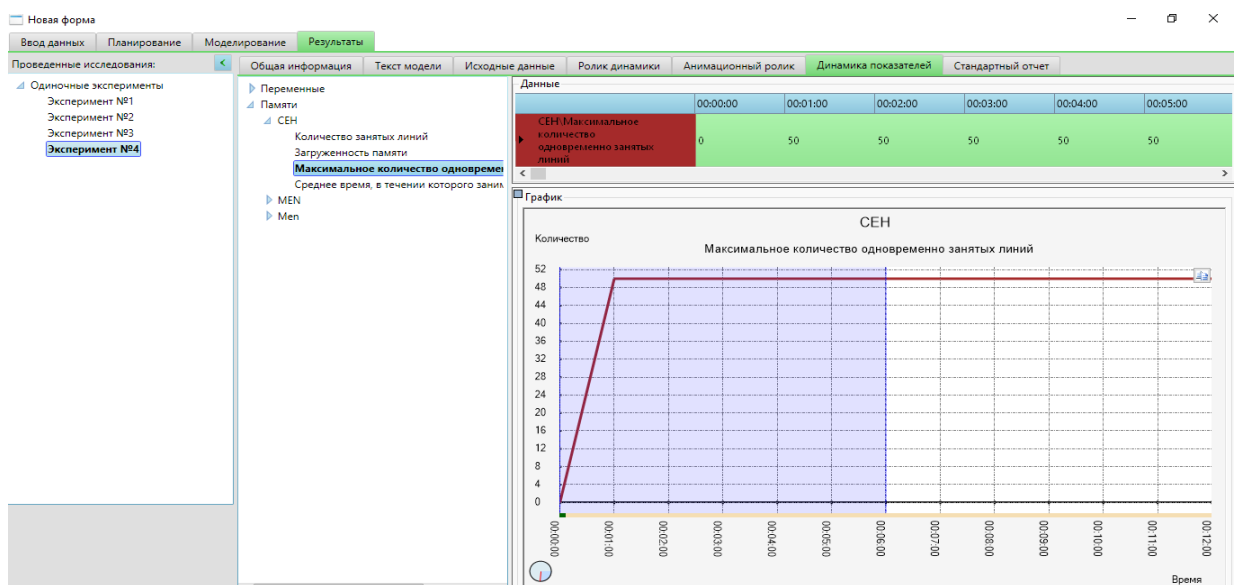


Рис. 3.71. Максимальное количество одновременно занятых линий

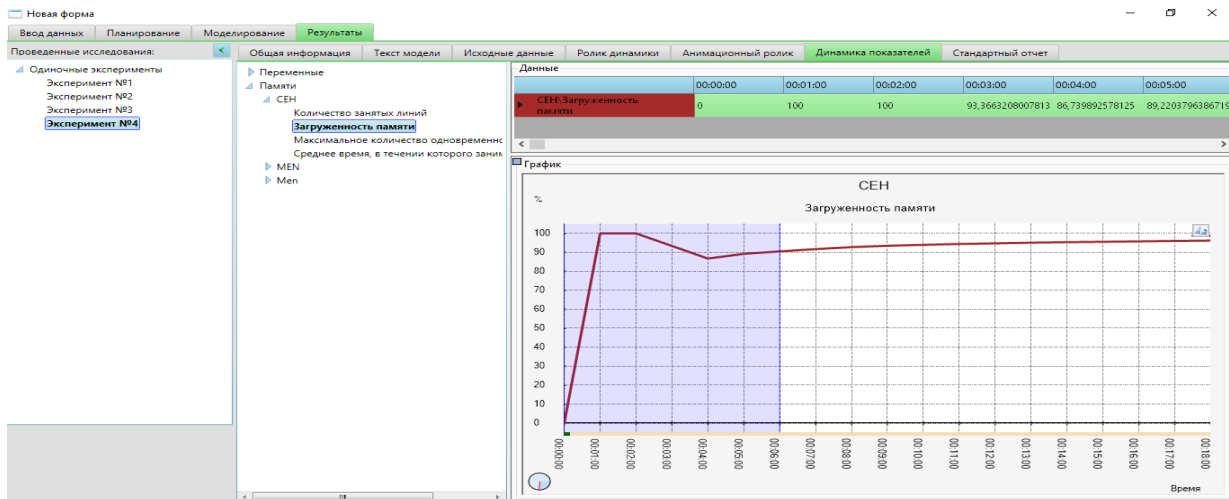


Рис. 3.72. Загруженность памяти

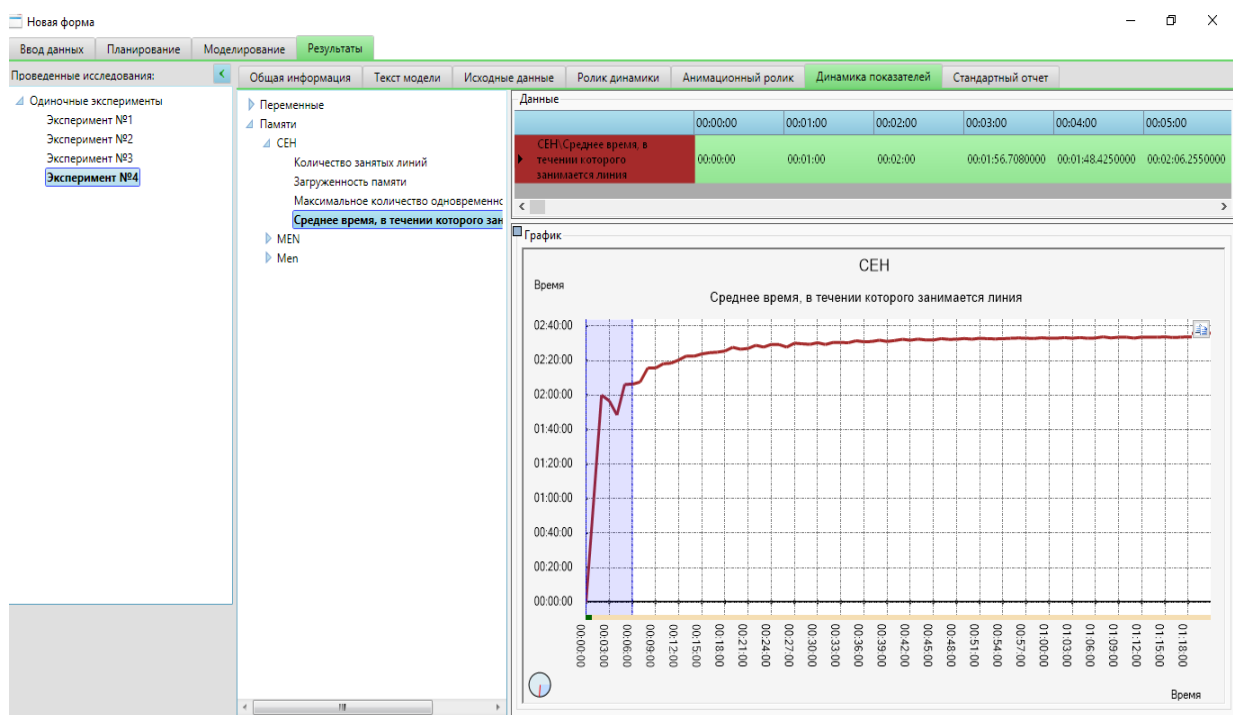


Рис.3.73. Среднее время, в течении которого занимается линия

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Швейная фабрика» и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения интерфейса пользователя имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.

3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

3.3. Моделирование системы передачи информации

Постановка задачи[50]. Рассмотрим систему устройств передачи информации, состоящую из: передающей станции; ЭВМ; канала передачи информации.

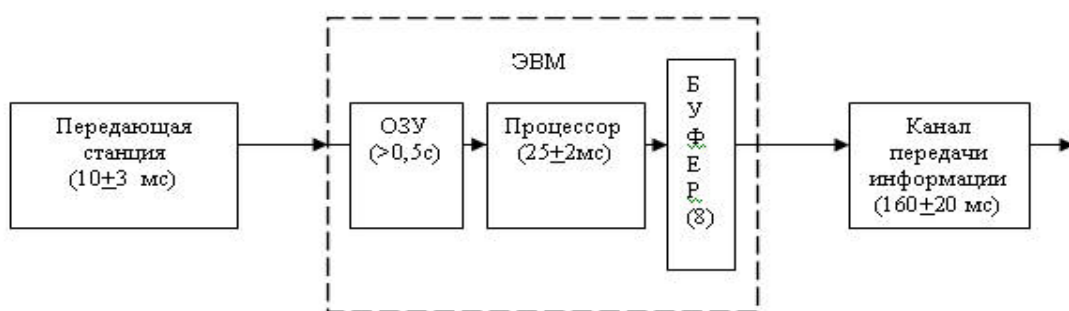


Рис. 3.74. Система устройств передачи информации

ЭВМ в свою очередь состоит из: ОЗУ, процессора и буфера, формирующего блоки размером в 8 кадров. При этом в ОЗУ могут храниться кадры 0.5с, затем они удаляются, так как считаются устаревшими. Одна из задач – это получение значения объема памяти ОЗУ таким, чтобы система работала без потерь за время работы, равного 5с. Для описания модели воспользуемся GPSSW. Также необходимо определить характеристики каждого из узлов ЭВМ.

Построение структурной схемы прохождения транзактов. На рис.3.75 представлена схема прохождения транзактов.

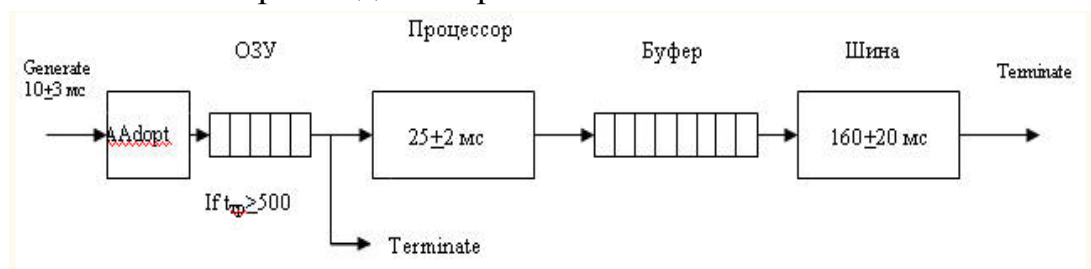


Рис. 3.75. Структурная схема модели СМО

При этом возникают две очереди: между оператором Adopt (присвоение транзактам общего семейства) и ОЗУ, между буфером (объединяющего транзакты по 8) и шиной передачи данных.

Алгоритм прохождения транзактов

- 1 – генерируется транзакт;
- 2 – присвоение транзакт 5-ого семейства;
- 3 – постановка транзакта в очередь;
- 4 – вход в ОЗУ;
- 5 – временная отметка 1;
- 6 – выход из очереди;
- 7 – проверка занятости процессора: ДА- переход к пункту 8 ; НЕГ- ожидание в пункте 7;
- 8 – временная отметка 2;
- 9 – выход из памяти;
- 10 – вычисление разности временных отметок;
- 11 – если разность больше или равняется 500, то переход к пункту 12; НЕГ –к пункту 13;
- 12 – удаление транзакта;
- 13 – занятие процессора;
- 14 – задержка 25 ± 2 ;
- 15 - освобождение процессора;
- 16 – формирование блоков по 8;
- 17 – начало очереди ;
- 18 – вход в канал передачи кадров;
- 19 – выход из очереди ;
- 20 – задержка 160 ± 20 ;
- 21 – выход из канала ;
- 22 – удаление транзактов;
- 23 – повторение 1-22 в течение 5000 единиц модельного времени.

Задание на разработку имитационной установки

1. Разработать имитационную установку моделирования в расширенном редакторе GPSS.
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и изложенной в справке по универсальному редактору форм.

Построение имитационной модели в расширенном редакторе

Данная задача имеет GPSS решение, которое приведено на сайте[50]. Построение имитационной модели устройств передачи информации начнем с создания логики блоков или алгоритма в виде схемы. Построение этой схемы является на самом деле разработкой проекта имитационной модели. Общая схема работы устройства передачи информации согласно рис. 3.75 должна выглядеть следующим образом:

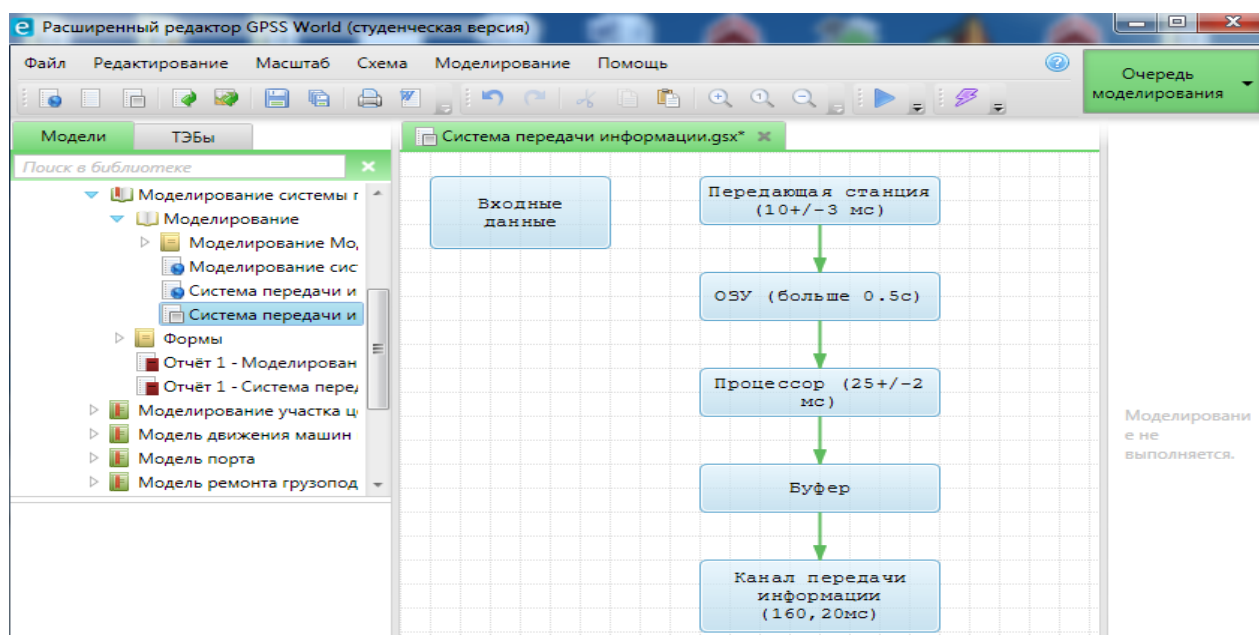


Рис.3.76. Схема работы системы передачи информации

Шаг 1. Открыть расширенный редактор GPSSW. В *Библиотеке моделей* правой кнопкой мыши в *Текущих проектах* создадим проект под названием *Моделирование системы передачи информации* (рис.3.77).

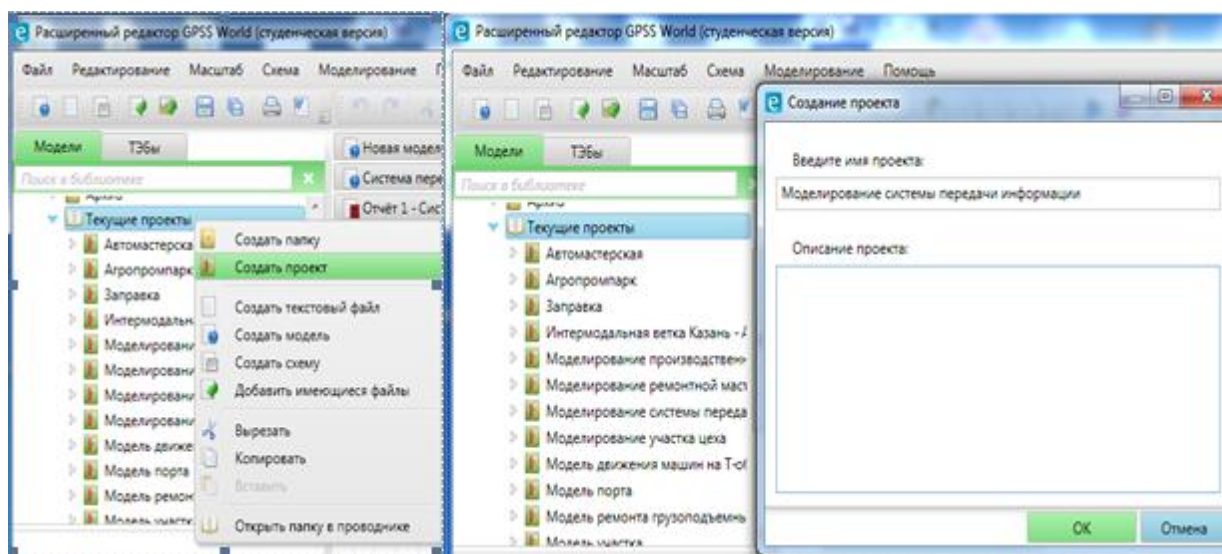


Рис.3.77. Создание проекта

Через меню *Файл* и подменю *Создать схему* или наведем курсор мыши на проект и правой кнопкой мыши создадим новую схему (рис.3.78), которую сохраним через меню *Файл – Сохранить как..* под названием *Система передачи информации*.

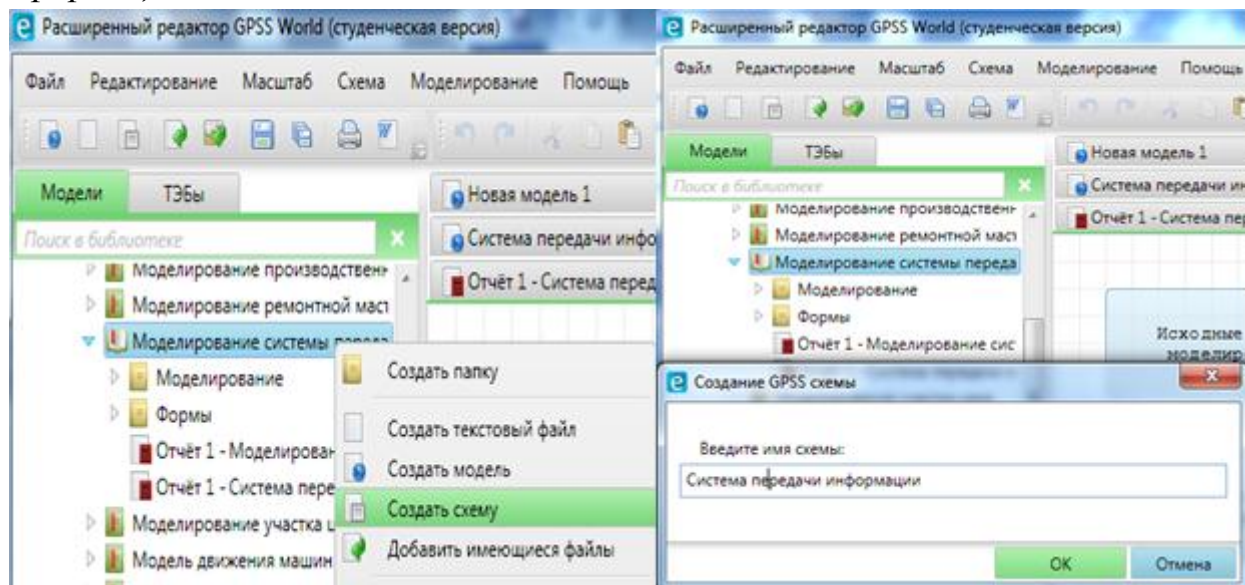


Рис.3.78. Создание схемы

Шаг 2. На рабочем столе схемы правой кнопкой мыши можно создать 5 ТЭБов и расположить их так, как показано на рис. 3.75. Двойное нажатие дает нам вход в ТЭБ, в котором необходимо прописать название ТЭБа, указать входы и выходы. Таким образом, создаем группу ТЭБов, с названиями и входами-выходами, которые потом соединяем между собой, как указано на рис. 3.75.

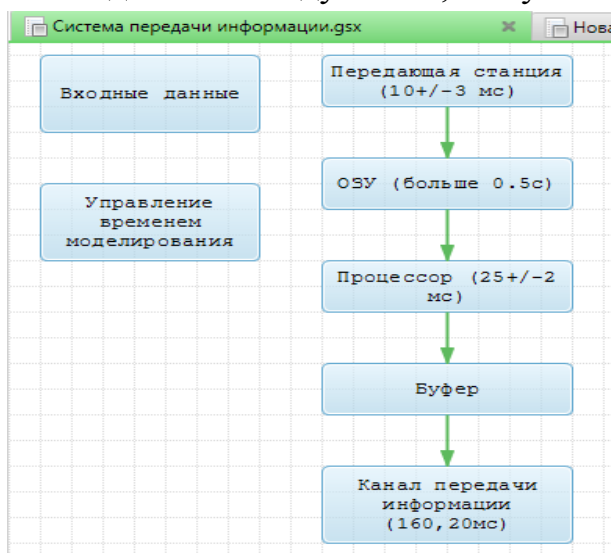


Рис.3.79. Схема передачи информации

Шаг 3. Прежде чем заполнить GPSS– модели в ТЭБах, необходимо проверить работоспособность GPSS–программы в среде моделирования. В этих целях создадим новую модель через меню *Файл – Создать модель*. Скопируем

программу из приложения П9 и вставим в рабочий стол *Новой модели* и сохраним под названием *GPSS-модель системы передачи информации* (рис.3.79).

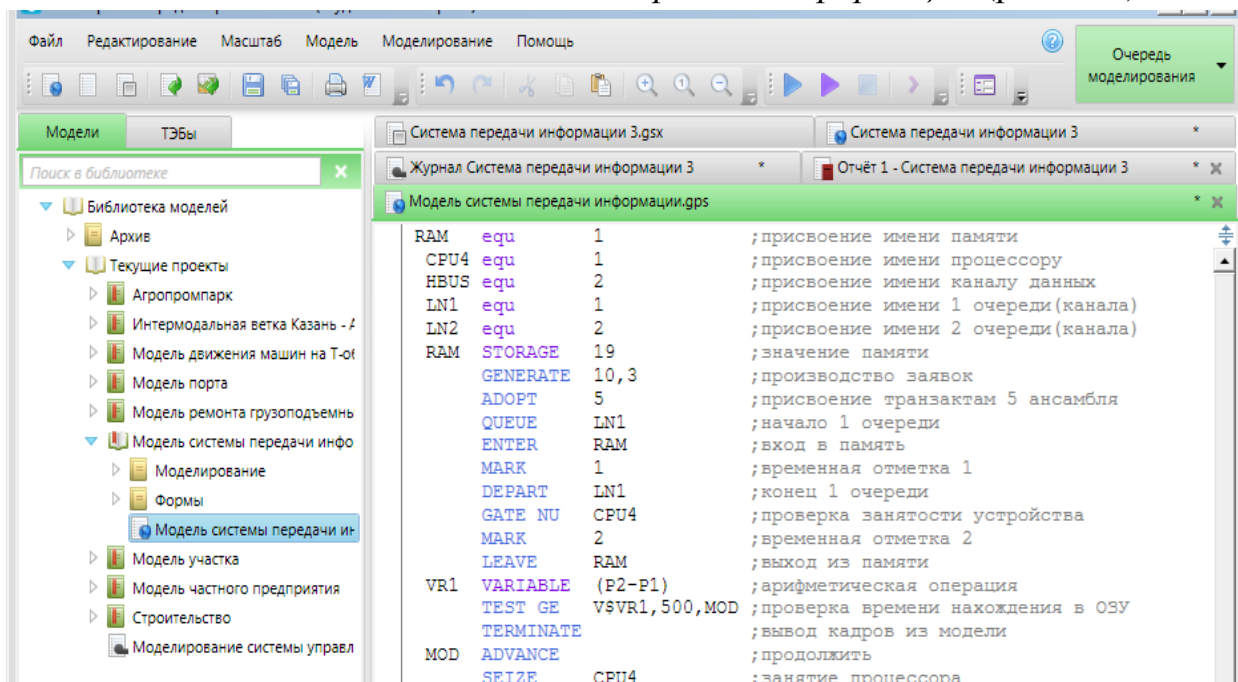


Рис.3.79. Фрагмент программы GPSS – модели системы передачи информации

Моделирование приводит к стандартному отчету (рис.3.80)

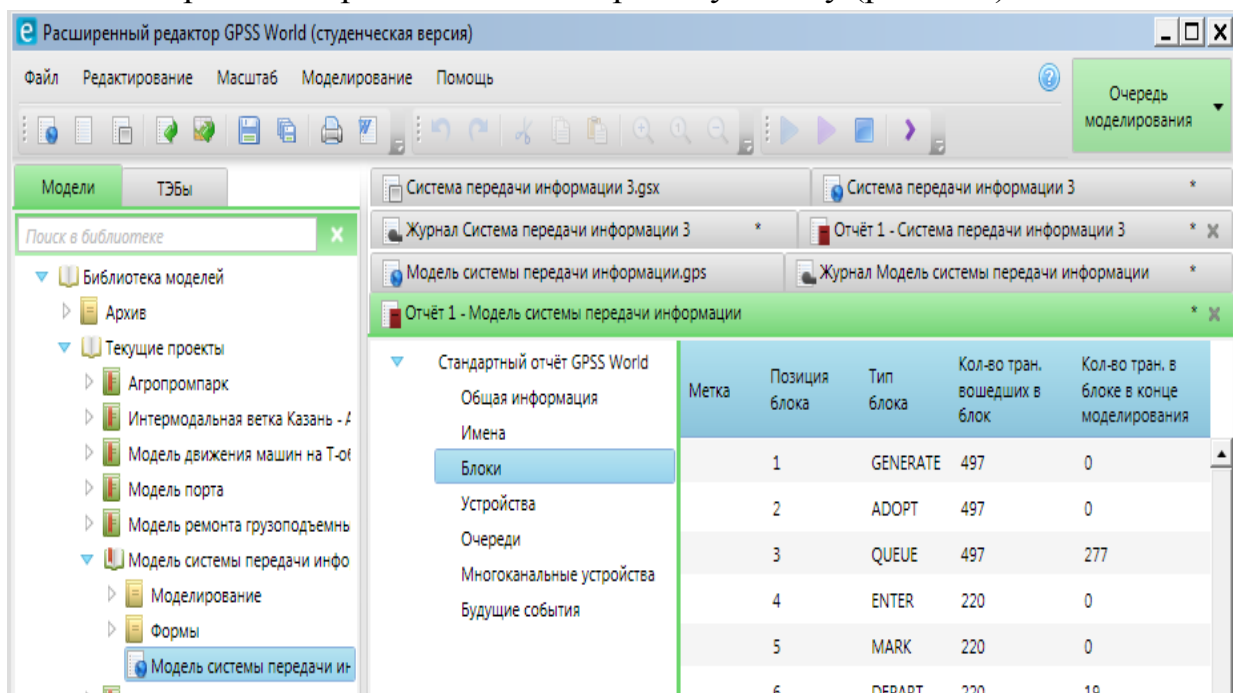


Рис.3.80. Стандартный отчет в расширенном редакторе

Таким образом, мы убедились, что наша GPSS - модель рабочая.

Шаг 4. Теперь в ТЭБах пропишем GPSS-модели.

ТЭБ Входные данные.GPSS – модель:

RAM EQU 1 ;присвоение имени памяти

CPU4 EQU 1 ;присвоение имени процессору

HBUS EQU 2 ;присвоение имени каналу данных
 LN1 EQU 1 ;присвоение имени 1 очереди(канала)
 LN2 EQU 2 ;присвоение имени 2 очереди(канала)
 RAM STORAGE 19 ;значение памяти
 ТЭБ Управление временем моделирования.GPSS – модель:
 GENERATE 5000 ;счетчик времени (таймер)
 TERMINATE 1
 START 1,,1
 ТЭБ Передающая станция.GPSS – модель:
 GENERATE 10,3 ;производство заявок
 ADOPT 5 ;присвоение транзактам 5 ансамбля
 QUEUE LN1 ;начало 1 очереди
 ТЭБ ОЗУ.GPSS – модель:
 ENTER RAM ;вход в память
 MARK 1 ;временная отметка 1
 DEPART LN1 ;конец 1 очереди
 GATE NU CPU4 ;проверка занятости устройства
 MARK 2 ;временная отметка 2
 LEAVE RAM ;выход из памяти
 VR1 VARIABLE (P2-P1) ;арифметическая операция
 TEST GE V\$VR1,500,MOD ;проверка времени нахождения в ОЗУ
 ТЭБ Процессор.GPSS – модель:
 TERMINATE ;вывод кадров из модели
 MOD ADVANCE ;продолжить
 SEIZE CPU4 ;занятие процессора
 ADVANCE 25,2 ;задержка на обработку
 RELEASE CPU4 ;освобождение процессора
 ТЭБ Буфер.GPSS – модель:
 ASSEMBLE 8;формирование блоков по 8
 QUEUE LN2 ;начало 2 очереди
 ТЭБ Канал передачи информации (160,20мс).GPSS – модель:
 SEIZE HBUS ;вход в канал
 DEPART LN2 ;конец 2 очереди
 ADVANCE 160,20 ;передача по каналу
 RELEASE HBUS ;выход из канала
 TERMINATE; вывод кадров из модели

Проводя моделирование, получаем стандартный отчет, такой, как на рис.3.80 и GPSS-модель системы передачи информации (рис.3.82)

```

* Модель «Система передачи информации 3»
* Дата и время создания 14 марта 2017 г. 1:03:53
*****
* ТЭБ «Входные данные»
* Операторы модели
RAM      EQU      1          ;присвоение имени памяти
CPU4     EQU      1          ;присвоение имени процессору
HBUS     EQU      2          ;присвоение имени каналу данных
LN1      EQU      1          ;присвоение имени 1 очереди (канала)
LN2      EQU      2          ;присвоение имени 2 очереди (канала)
RAM      STORAGE 19         ;значение памяти

      TERMINATE

* ТЭБ «Передающая станция»
* Операторы модели
GENERATE 10,3          ;производство заявок
ADOPT    5              ;присвоение транзактам 5 ансамбля
QUEUE   LN1            ;начало 1 очереди

* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_1

* ТЭБ «ОЗУ (больше 0.5с)»
* Операторы модели
autoLabel_1 ENTER RAM      ;вход в память
MARK        1              ;временная отметка 1
DEPART     LN1            ;конец 1 очереди
GATE NU    CPU4           ;проверка занятости устройства
MARK       2              ;временная отметка 2
LEAVE      RAM            ;выход из памяти
VR1        VARIABLE (P2-P1) ;арифметическая операция
TEST GE    V$VR1,500,MOD ;проверка времени нахождения в ОЗУ

```

Рис.3.82. Фрагмент кода программы

Шаг 5. Формирование результатов моделирования в редакторе форм

В Редакторе форм выберем *Файл – Указать модель*, откроем необходимую GPSS-модель (рис.3.83).

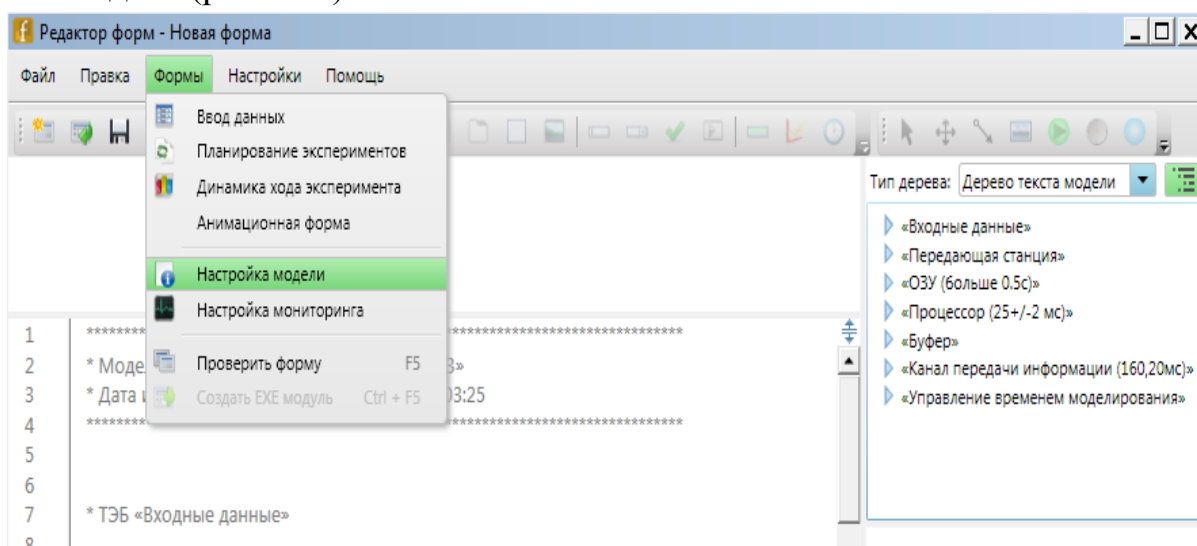


Рис.3.83. Новая форма

Далее выбираем настройку модели через меню *Формы - Настройка модели и Настройку мониторинга* (рис.3.84 -3.85)

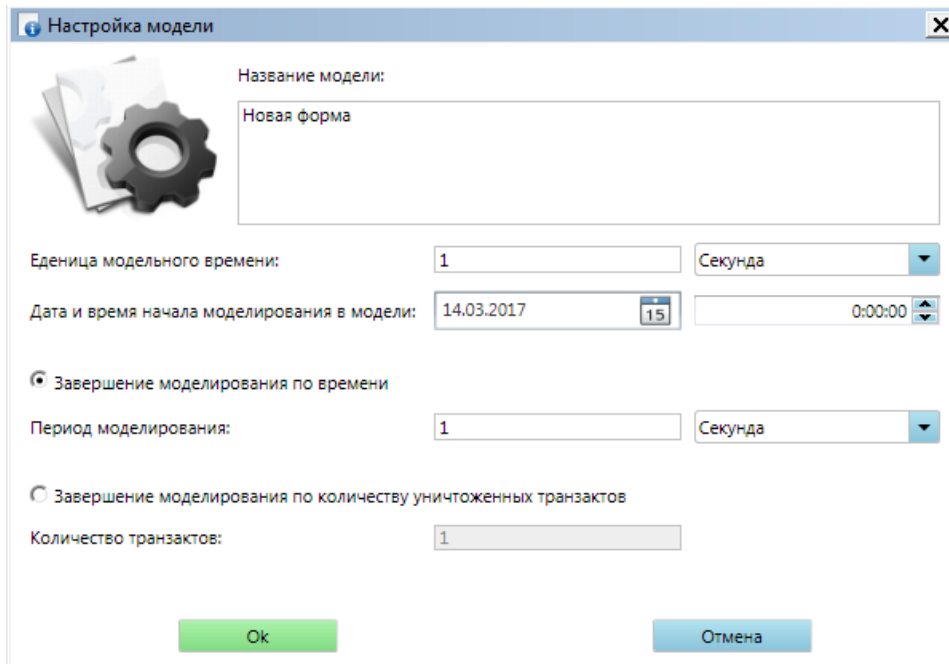


Рис. 3.84. Настройка модели

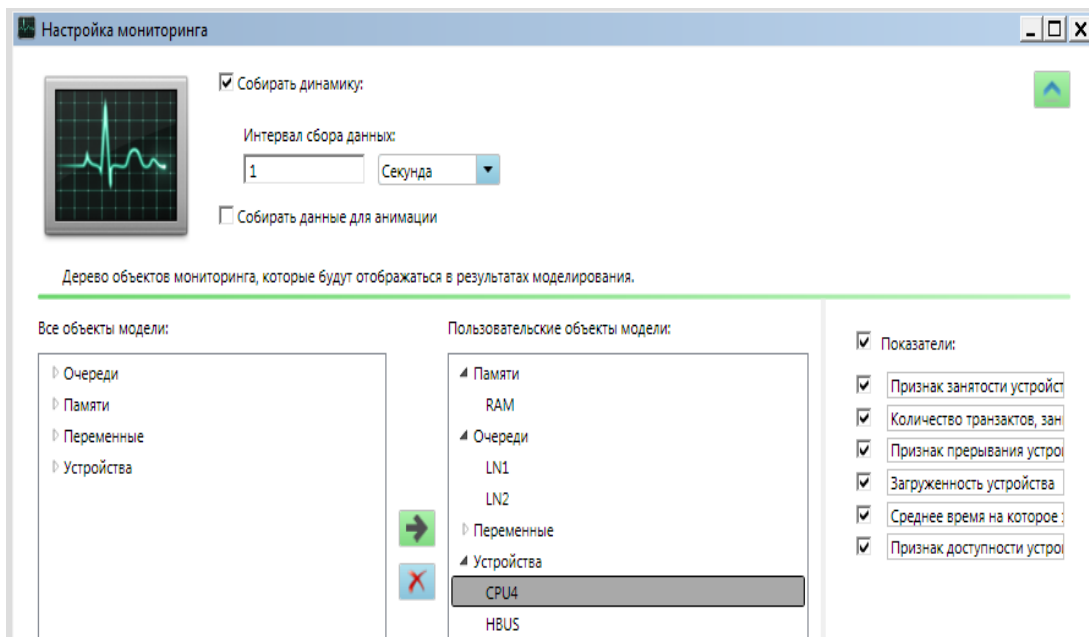


Рис. 3.85. Настройка мониторинга

Шаг 6. Планирование экспериментов. Для планирования экспериментов входим в редактор форм *Форма - Планирование эксперимента* и начинаем заполнение таблицы с *Целевых показателей*, для этого откроем *Дерево объектов для мониторинга*, расположенного в правом верхнем углу. Перетаскиваем мышью характеристики, динамику которых мы хотим изучить (рис.3.86). Далее заполняем таблицу *Факторы*, из типа дерева: *Дерево текста модели*, затем таблицу *Плана эксперимента*.

Название	Псевдоним объекта	Тип объекта	Название СЧА	Регистрируется в э...
Среднее количество используемых линий	RAM	Память	SA	<input checked="" type="checkbox"/>
Загруженность памяти	RAM	Память	SR	<input checked="" type="checkbox"/>
Среднее время, в течении которого занимается линия	RAM	Память	ST	<input checked="" type="checkbox"/>
Среднее количество транзактов в очереди	LN1	Очередь	QA	<input checked="" type="checkbox"/>
Максимальное количество транзактов в очереди	LN1	Очередь	QM	<input checked="" type="checkbox"/>
Среднее время, проводимое транзактами в очереди	LN1	Очередь	QT	<input checked="" type="checkbox"/>
Среднее количество транзактов в очереди	LN2	Очередь	QA	<input checked="" type="checkbox"/>
Максимальное количество транзактов в очереди	LN2	Очередь	QM	<input checked="" type="checkbox"/>
Среднее время, проводимое транзактами в очереди	LN2	Очередь	QT	<input checked="" type="checkbox"/>
Загруженность устройства	CPU4	Устройство	FR	<input checked="" type="checkbox"/>
Среднее время на которое занимается устройство	CPU4	Устройство	FT	<input checked="" type="checkbox"/>
Количество транзактов, занимавших устройство	CPU4	Устройство	FC	<input checked="" type="checkbox"/>
Признак прерывания устройства	CPU4	Устройство	FI	<input checked="" type="checkbox"/>

Редатор форм - Передача информации 4.fog

Планирование экспериментов

Запускать серию экспериментов

Метод планирования экспериментов:

Ручной план

Название	Псевдоним	Операнд	Участует в эксперименте
Операнд А (59) ADVANCE	Операнд А	Операнд А	<input checked="" type="checkbox"/>
Операнд В (59) ADVANCE	Операнд В	Операнд В	<input checked="" type="checkbox"/>
Операнд А (61) ADVANCE	Операнд А	Операнд А	<input checked="" type="checkbox"/>
Операнд В (61) ADVANCE	Операнд В	Операнд В	<input checked="" type="checkbox"/>

Тип дерева: Дерево текста модели

- Входные данные
 - Передающая станция (10 +/- 3 мс)
 - ОЗУ (больше 0.5с)
 - Процессор (25 +/- 2 мс)
 - (58) TERMINATE
 - (59) ADVANCE
 - Операнд А
 - Операнд В
 - (60) SEIZE
 - Операнд А
 - (61) ADVANCE
 - Операнд А
 - Операнд В
 - (62) RELEASE
 - (65) TRANSFER
 - Буфер
 - Канал передачи информации (160,20мс)
 - Управление временем моделирования

	Операнд А	Операнд А	Операнд А	Операнд А	Операнд А	Операнд В	Операнд А	Операнд В	Операнд А	Операнд В
1	1	1	2	19	0	0	25	2	0	160
2	2	1	2	19	0	0	25	2	0	160

Рис. 3.86. Планирование эксперимента

После заполнения проверяем формы через меню *Формы – Проверить форму*. Здесь на предложение среды моделирования *Сохранить форму* соглашаемся и сохраняем с расширением *.fog. В выпавшей форме проводим моделирование (рис.3.87).

Новая форма

Ввод данных | Планирование | **Моделирование** | Результаты

Начать моделирование

Название	Время запуска	Состояние	Прогресс
Серия экспериментов №1	14.03.2017 04.51.27	<input checked="" type="checkbox"/>	
Серия экспериментов №2	14.03.2017 04.51.30	<input checked="" type="checkbox"/>	
Серия экспериментов №3	14.03.2017 04.53.17	<input checked="" type="checkbox"/>	
Серия экспериментов №4	14.03.2017 04.55.09	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рис.3.87. Моделирование

Шаг 6. Обработка результатов проводится в меню *Результаты*. Здесь находятся все результаты нашего моделирования: общая информация, динамика показателей, стандартный отчет, текст модели GPSS и др. В меню Динамика показателей можно сформировать все графики, заказанные нами в *Настройке мониторинга*(рис.3.88).

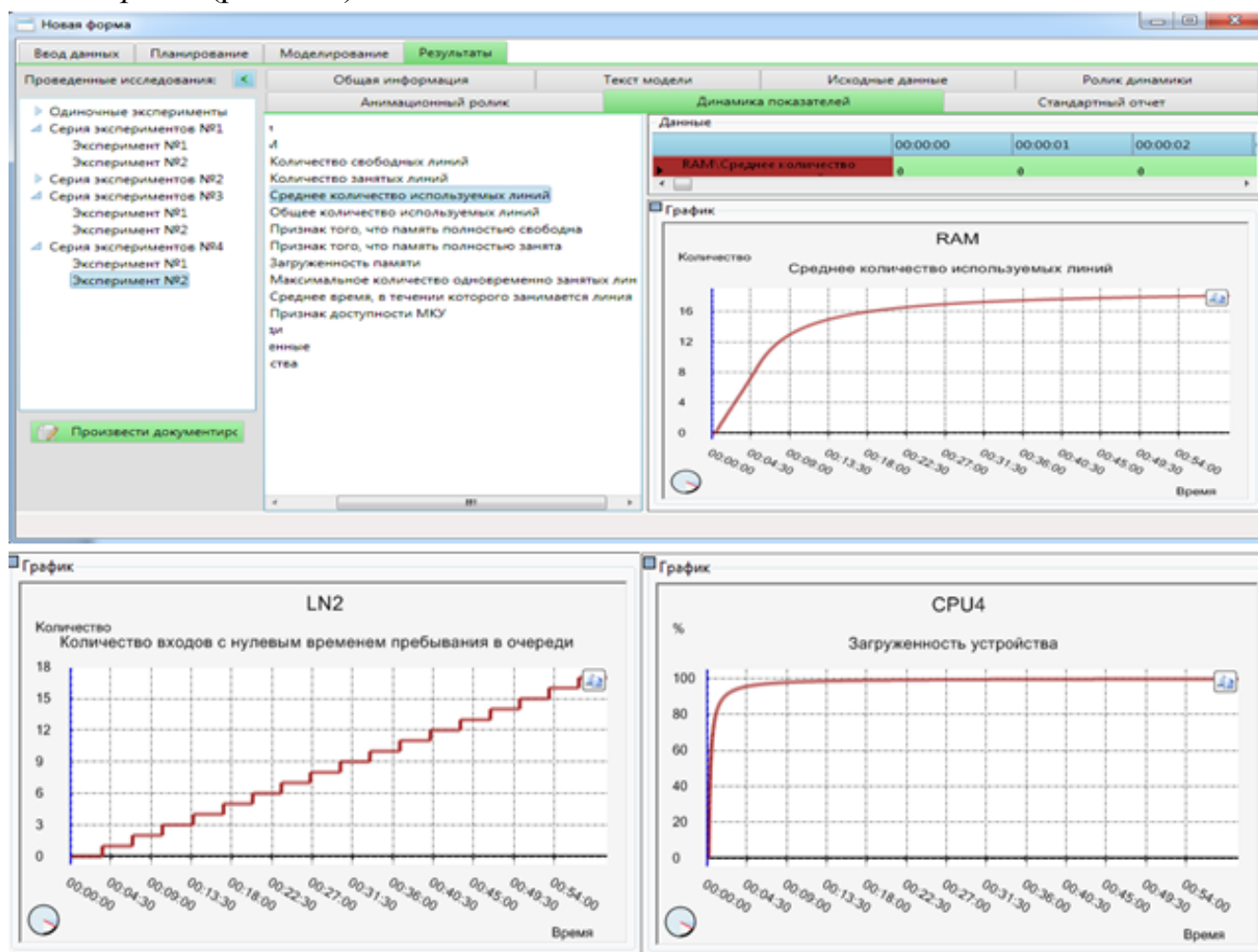


Рис.3.88. Результаты моделирования

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Моделирование системы передачи информации» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения интерфейса пользователя имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование и моделирование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания.

2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы.
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

3.4. Задачи на учебно-исследовательское моделирование

Учебно-исследовательское моделирование широко используется при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ.

Ниже представлены задачи на учебно-исследовательское моделирование некоторых узлов компьютера и вычислительных сетей в среде расширенного редактора GPSSW. Здесь мы использовали материалы, изложенные на сайтах форума программистов [50, 51], в которых можно найти и другие задачи и их решения на GPSSW.

3.4.1. Моделирование узла распределения информации

Постановка задачи. Задан некоторый узел вычислительной сети, структурная схема которой имеет вид:

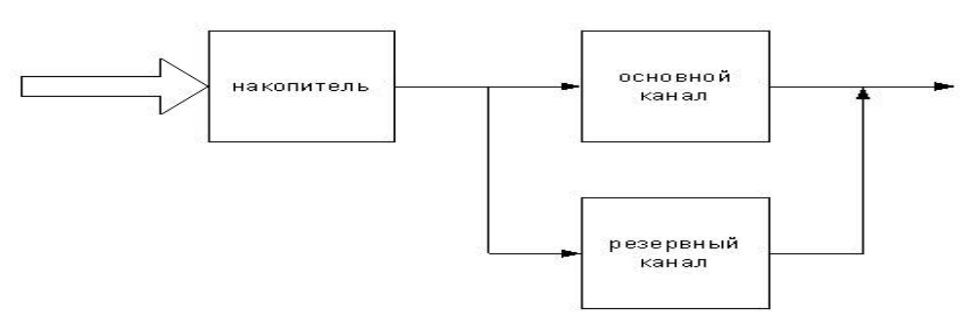


Рис. 3.89. Структурная схема модели

Согласно данной схеме построить компьютерную установку в среде расширенного редактора. Будем считать, что приоритет транзактов, проходящих через узел, одинаков. Схема модели в виде системы массового обслуживания представлена на рис.3.90.

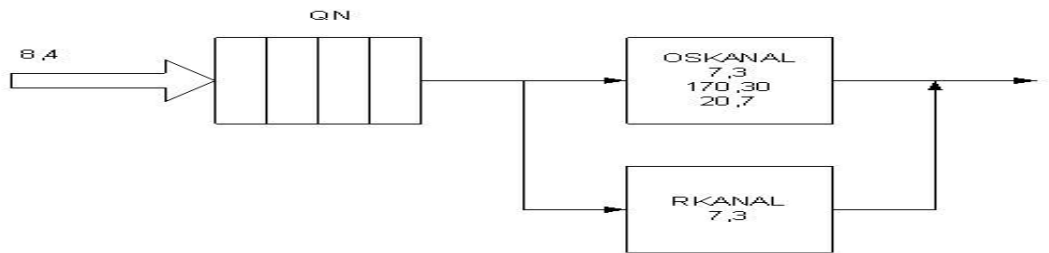


Рис. 3.90. Модель в виде системы массового обслуживания

Задания на разработку компьютерной установки и моделирование

1. Построить компьютерную установку в виде имитационной модели в среде расширенного редактора GPSSW, используя решение представленной в виде программы моделирования на языке GPSS (приложение П10).
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и изложенной в справке по универсальному редактору форм.
3. Провести отладку и проверить адекватность модели.
4. Сделать анализ полученных результатов моделирования.

3.4.2. Моделирование устройства обработки информации

Постановка задачи. В узел коммутации сообщений, состоящий из входного буфера (BUF1+BUF2, т.к. ограничение идет по 2м направлениям), процессора PROC, двух выходных линий, поступают сообщения с двух направлений(рис. 3.91). Сообщения с одного направления поступают во входной буфер, обрабатываются в процессоре, буферизируются в выходном буфере первой линии и передаются по выходной линии. Сообщения со второй линии обрабатываются аналогично, но передаются через второй выходной буфер по второй линии. Применяемый в системе метод контроля ограничивает число одновременно присутствующих по каждому направлению сообщений до трёх.

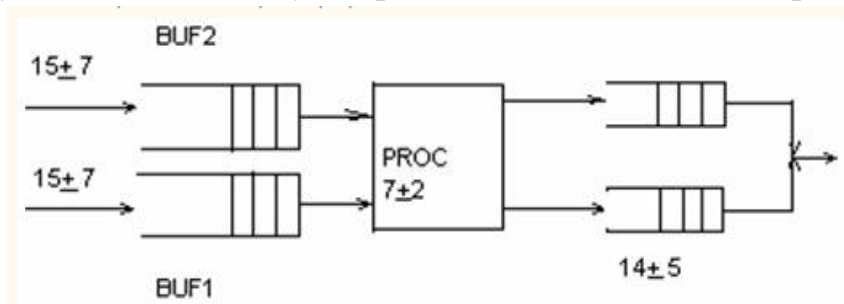


Рис. 3.91. Структурная схема модели СМО

Для статистического контроля за утерянными сообщениями вводится устройство BUF_OUT.

В приложении представлена программа моделирования на языке GPSS

Задания на разработку компьютерной установки и моделирование

1. Построить компьютерную установку в виде имитационной модели в среде расширенного редактора GPSSW, используя решение представленной в виде программы моделирования на языке GPSS (приложение П11).
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и изложенной в руководстве для пользователя по редактору форм.
3. Провести отладку и проверить адекватность модели.
4. Сделать анализ полученных результатов моделирования.

3.4.3. Моделирование устройства обработки и сжатия данных

Постановка задачи. На рис 3.92 представлена схема устройства обработки и сжатия данных. Она состоит из шести основных блоков: источник информации А, источник информации В, источник информации С, блок отбраковки данных, блок сжатия данных и блок обработки данных.

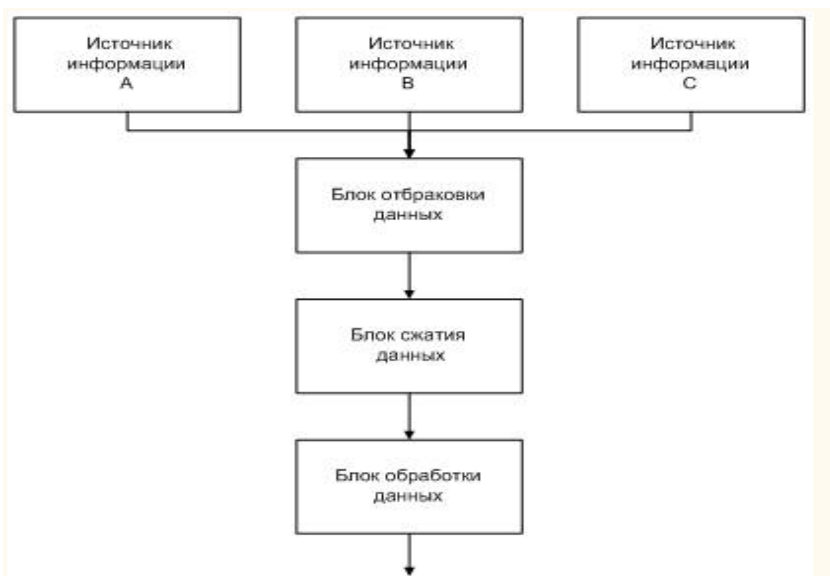


Рис. 3.92. Структурная схема модели

Из трех источников информации А, В и С данные поступают на блок отбраковки данных. После отбраковки на блок сжатия поступает 80% данных. В блоке сжатия данных выполняется операция сжатия данных, в результате которой выходной поток второго блока уменьшается на 90% по сравнению с входным. После этого данные поступают в блок обработки.

Формализация и алгоритмизация модели. Построить модель устройства передачи данных в виде разомкнутой сети систем массового обслуживания (СМО), где каждая СМО будет моделировать одно или несколько устройств ис-

ходной системы передачи данных. Схема модели в виде системы массового обслуживания изображена на рис.3.93.

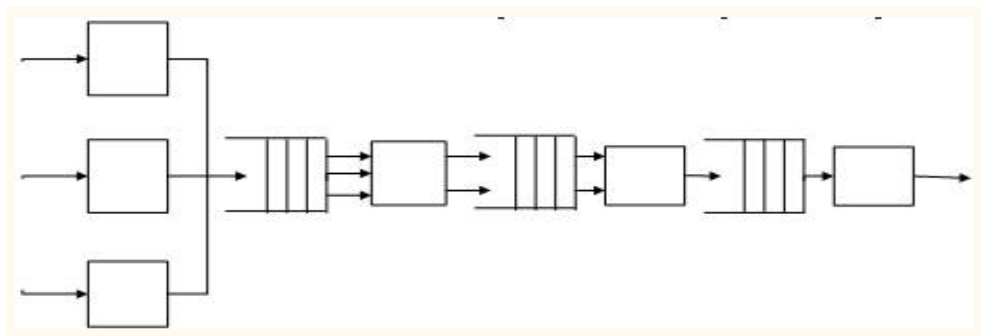


Рис. 3.93. Схема модели СМО

Задания на разработку компьютерной установки и моделирование

1. Построить компьютерную установку в виде имитационной модели в среде расширенного редактора GPSSW, используя решение представленной в виде программы моделирования на языке GPSS (приложение П10).
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и изложенной в руководстве пользователя по редактору форм.
3. Провести отладку и проверить адекватность модели.
4. Сделать анализ полученных результатов моделирования.

3.4.4. Моделирование распределенной системы обработки и передачи данных

Постановка задачи. Рассмотрим систему передачи данных, состоящую из:

- трех пунктов А, В и С;
- пяти линий АВ1, АВ2, АВ3, ВС1 и ВС2

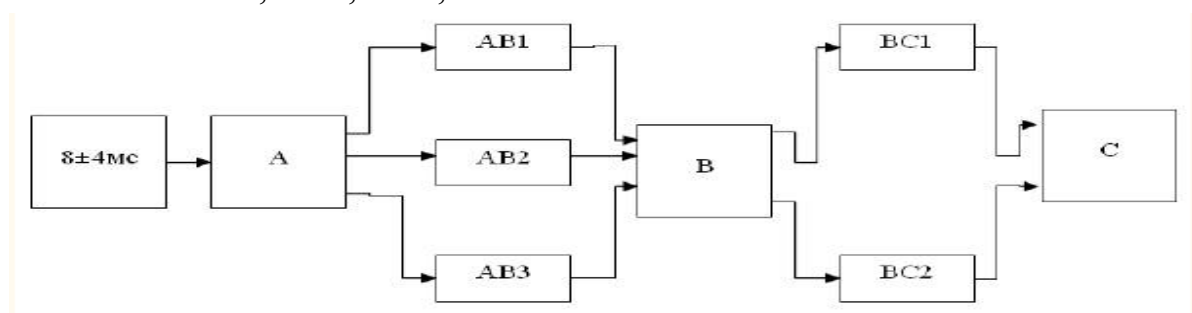


Рис. 3.94. Система передачи данных

Данная система передачи данных обеспечивает передачу пакетов данных из пункта А в пункт С через промежуточный пункт В. В пункт А пакеты посту-

пакетов через 8 ± 4 мс. Там они буферизуются и передаются по линии АВ1, АВ2, АВ3. В пункте В они буферизуются и передаются по линии ВС1, а при достижении порогового значения в пункте А по линии ВС2.

Требуется смоделировать прохождение через систему 1000 пакетов данных и определить характеристики очередей в пунктах А и В и вероятность использования линии ВС2. Определить максимально возможную интенсивность входного потока пакетов данных, при котором система работает без потерь.

Построение структурной схемы модели. Описание сети в виде системы массового обслуживания в виде модели СМО представлено на рис. 3.95.

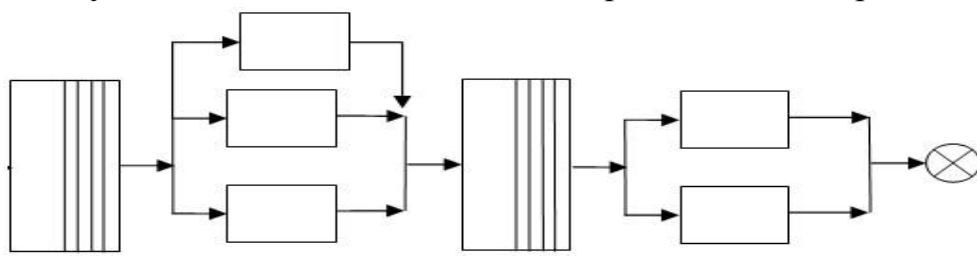


Рис. 3.95. Структурная схема модели СМО

Здесь пункты – статистические объекты типа очередь;

линии – аппаратные объекты типа прибор;

пакеты данных – транзакты.

За единицу модельного времени (е.м.в.) принять 1 мс.

Формализация и алгоритмизация модели. Формально схема модели имеет вытянутый вид (рис.3.95) с некоторым количеством узлов (переходов). Это делается для реализации передачи пакетов по четырем линиям и моделирования сбоя в них.

Алгоритм

- 1 – генерация транзакта через 8 ± 4 е.м.в.;
- 2 – если очередь на передачу меньше 25, то вниз, иначе в пункт 37;
- 3 – занять очередь 1 на передачу от А к В;
- 4 – равновероятная передача заявок: АВ1–переход в пункт 5; АВ2 – переход в пункт 10; АВ3 – переход в пункт 15;
- 5 – занять устройство - линию АВ1;
- 6 – выйти из очереди 1;
- 7 – передача по линий АВ1 - за время 23 ± 6 мс;
- 8 – освободить устройство - линию АВ1;
- 9 – перейти к передаче от В к С;
- 10 – занять устройство - линию АВ2;
- 11 – выйти из очереди 1;
- 12 – передача по линий АВ2 - за время 34 ± 8 мс;

- 13 –освободить устройство - линию АВ2;
- 14 –перейти к передаче от В к С;
- 15 –занять устройство - линию АВ3;
- 16 –выйти из очереди 1;
- 17 –передача по линий АВ2 - за время 25 ± 2 мс;
- 18 –освободить устройство - линию АВ3;
- 19 –перейти к передаче от В к С;
- 20 –если очередь на передачу меньше 20, то вниз, иначе в пункт 38;
- 21 –занять очередь на передачу от В к С;
- 22 –если очередь на передачу меньше 12, то вниз, иначе в пункт 26;
- 23 – занять очередь на передачу от В к С;
- 24 –если очередь >12 , то переход в пункт 26;
- 25 –занять очередь на передачу от В к С;
- 26 –равновероятная передача заявок :BC1–переход в пункт 27;BC2– переход в пункт 32;
- 27 – занять устройство - линию BC1;
- 28 – выйти из очереди 2;
- 29 –передача по линии BC1– за время 8 ± 4 мс;
- 30 –задействовать счетчик использования стандартного режима передачи;
- 31 –освободить устройство - линию BC1;
- 32 –занять устройство - линию BC2;
- 33 – выйти из очереди 2;
- 34 –передача по линии BC2 - за время 8 ± 4 мс;
- 35 – задействовать счетчик использования не стандартного режима передачи;
- 36 –освободить устройство - линию BC2;
- 37 –задействовать счетчик отказов на постановку в очередь на передачу АВ;
- 38 –задействовать счетчик отказов на постановку в очередь на передачу BC;
- 39 – повторение всех пунктов до тех пор, пока не пройдут 1000 транзактов.

Задания на разработку компьютерной установки и моделирование

1. Построить компьютерную установку в виде имитационной модели в среде расширенного редактора GPSSW, используя решение представленной в виде программы моделирования на языке GPSS (приложение П10).
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и по руководству пользователя редактора форм.
3. Провести отладку и проверить адекватность модели.
4. Сделать анализ полученных результатов моделирования.

3.4.5. Моделирование системы обработки информации от удаленного объекта

Постановка задачи[50]. Система обработки информации от удаленного объекта обеспечивает прием и обработку сигналов, поступающих с частотой 100 кГц, и состоит из четырех компьютеров, объединенных в конвейер. Из входного буфера системы сигналы поступают с равной вероятностью в буфер одного из двух компьютеров первого сегмента конвейера, объем которого рассчитан на информацию о 7 сигналах. Время обработки каждого сигнала в компьютере первого сегмента составляет 18 ± 5 мкс. Обработанные данные поступают с равной вероятностью во входной буфер одного из двух компьютеров второго сегмента конвейера, в которых обработка продолжается в течение 15 ± 2 мкс. В компьютерах происходят сбои. Вероятность сбоев в компьютере первого сегмента равна 5 %, в компьютере второго сегмента – 10%. В течение времени обработки сигнал остается в буфере соответствующего компьютера и при возникновении сбоя обработка его возобновляется с начального момента.

Построение структурной схемы модели. В данном случае имеется система обработки информации от удаленного объекта, состоящая из:

- входного буфера данных системы;
- четырех компьютеров, объединенных в конвейер.

В свою очередь конвейер разбит на 2 сегмента, каждый из которых содержит 2 компьютера (рис.3.96).

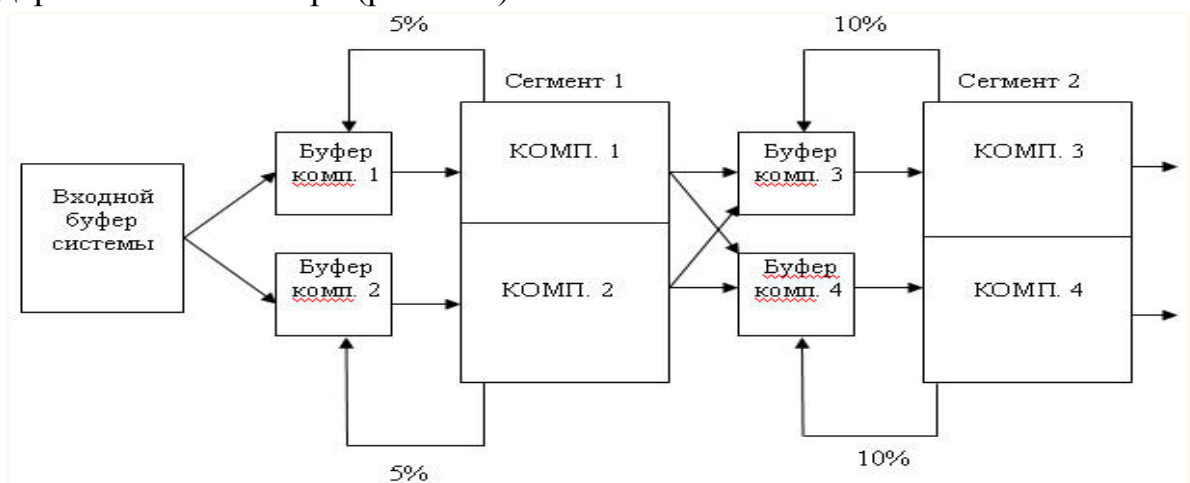


Рис. 3.96. Структурная схема модели

При решении задач моделирования с помощью СМО процесс анализа связан с исследованием прохождения через эти системы заявок (транзактов). Все транзакты являются случайными процессами, и при моделировании СМО могут быть известны лишь законы распределения и числовые характеристики этих случайных распределений, т.е. СМО носит статистический характер.

Устройства, в которых производится обслуживание транзактов, называются обслуживающими аппаратами (ОА) или каналами. ОА в совокупности образуют статические объекты. Транзакты являются динамическими объектами. ОА (каналы) описываются в СМО с помощью булевых переменных: «свободно» или «занято» («1» или «0»).

В процессе работы СМО могут возникать очереди. Количество очередей может быть бесконечно или с ограничением. Правила, согласно которым заявки выбираются из очереди, называются дисциплиной обслуживания. Величина, выражающая преимущество на право обслуживания, называется приоритетом.

В соответствии с полученной структурной схемой модели, представим её в виде СМО. В нашей модели роль сигналов, поступающих с частотой 100кГц, выполняют транзакты (динамические объекты), поступающие в модель каждые 10 е.м.в. Приоритет этих транзактов согласно заданию одинаков (они поступают с равной вероятностью). В качестве компьютеров: COMP1, COMP2, COMP3, COMP4 выступает ОА типа прибор (FACILITY); в качестве входных буферов системы и буферов компьютеров соответственно: BUFS, BUFC1, BUFC2, BUFC3, BUFC4 – ОА типа память (STORAGE). За единицу модельного времени принять 1 мкс.

Передача сигналов из входного буфера системы (BUFS), объем которого рассчитан на информацию о 7 сигналах, осуществляется в буфер одного из двух компьютеров первого сегмента конвейера, т.е. либо в BUFC1, либо в BUFC2 соответственно, с равной вероятностью. Затем обработанные данные поступают с равной вероятностью во входной буфер одного из двух компьютеров второго сегмента конвейера, т.е. соответственно либо в BUFC3, либо в BUFC4. В компьютерах происходят сбои, вероятность которых в первом сегменте 5%, а во втором сегменте 10%.

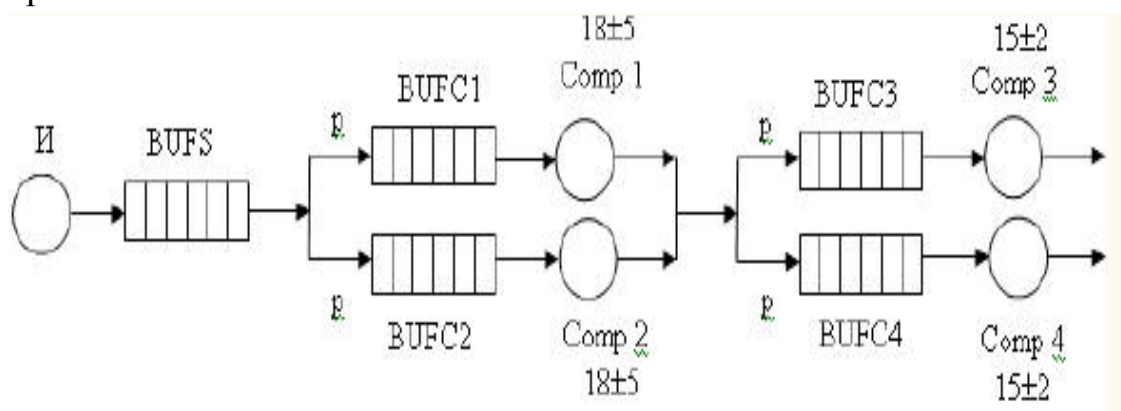


Рис. 3.97. Модель в виде СМО

И – источник заявок;

BUFS – входной буфер системы;

BUFC1 – буфер первого компьютера, первого сегмента конвейера;

BUFC2 – буфер второго компьютера, первого сегмента конвейера;
BUFC3 – буфер первого компьютера, второго сегмента конвейера;
BUFC4 – буфер второго компьютера, второго сегмента конвейера;
P – вероятность поступления сигнала в какой-либо буфер.

Алгоритм обработки транзактов

- 1 – вход транзакта в модель;
- 2 – вход в буфер системы (BUFS);
- 3 – равновероятный переход в буфер одного из компьютеров первого сегмента конвейера;
- 4 – вход в очередь 1;
- 5 – вход в буфер первого компьютера (BUFC1);
- 6 – выход из очереди 1;
- 7 – выход из буфера системы;
- 8 – занятие первого компьютера для обработки;
- 9 – обработка за время $13 - 23$ мкс;
- 10 – освобождение первого компьютера;
- 11 – проверка условия: возник сбой? Если ДА, то переход к п.8; НЕТ – к п.12
- 12 – выход из буфера первого компьютера;
- 13 – равновероятный переход на обработку во входной буфер одного из двух компьютеров второго сегмента (п. 13 – обработка в комп.3);
- 14 – обработка в компьютере 2 аналогично пунктам 5 – 12 с заменой BUFC1 на BUFC2, COMP1 на COMP2, очередь 1 на очередь 2;
- 15 – вход в буфер третьего компьютера (BUFC3);
- 16 – занятие третьего компьютера (COMP3) для обработки;
- 17 – обработка за время 15 ± 2 мкс;
- 18 – освобождение третьего компьютера;
- 19 – проверка условия: возник сбой? Если ДА, то переход к п.15; НЕТ – к п.19
- 20 – выход из буфера третьего компьютера;
- 21 – обработка в компьютере 4 аналогично пунктам 13 – 17 с заменой BUFC3 на BUFC4, COMP3 на COMP4;
- 22 – удаление транзактов.

Задания на разработку компьютерной установки и моделирование

1. Построить компьютерную установку в виде имитационной модели в среде расширенного редактора GPSSW, используя решение представленной в виде программы моделирования на языке GPSS (приложение П14).
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода

эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и руководству пользователя редактора форм.

3. Провести отладку и проверить адекватность модели.
4. Смоделировать работу системы обработки информации в течение 5 мс. Определить объемы входных буферов системы и компьютеров второго сегмента конвейера.
5. Обеспечить сбор статистических данных по работе очередей.
6. Оценить потери времени в компьютерах на восстановление сбойных ситуаций.
7. Сделать анализ полученных результатов моделирования.

3.4.6. Моделирование сети передачи данных через транзитный узел

Постановка задачи[50]. Одна из моделей распределенной системы передачи данных через транзитный узел может быть представлено в виде структурной схемы (рис 3.98)[50].

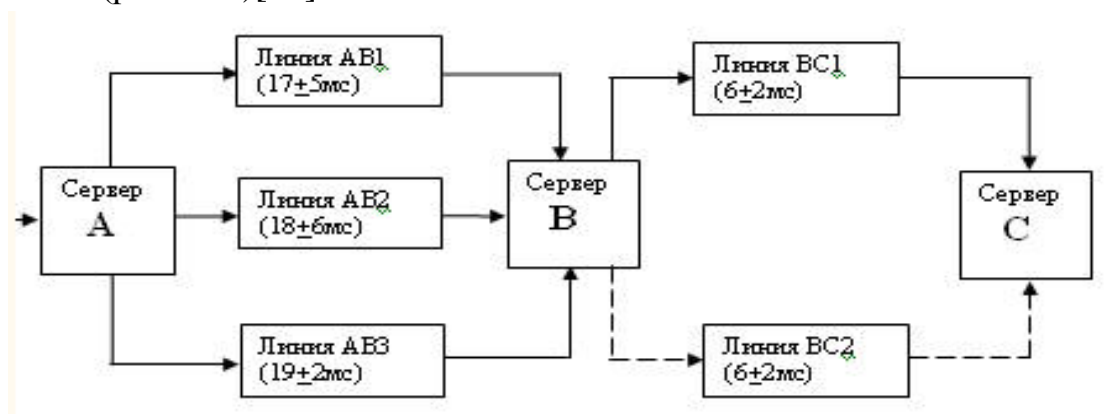


Рис. 3.98. Структурная схема системы

А, В – аппаратные объекты типа память.

AB1, AB2, AB3, BC1, BC2 – аппаратные объекты типа прибор.

Пакеты данных – транзакты, т.е. динамические объекты.

За единицу модельного времени принять 1мс. При попадании пакетов в пункт А происходит их буферизация. Затем пакеты передаются по любой из трех линий в пункт В. Время пересылки по линиям различно. В пункте В пакеты буферизуются, далее передаются в пункт С по линии BC1. Если линия BC1 занята, то включается в работу линия BC2. Время передачи пакетов по линиям BC1 и BC2 одинаково.

В данном случае мы имеем систему передачи информации из пункта А в пункт С через транзитный узел В. Схема прохождения транзактов имеет вид :

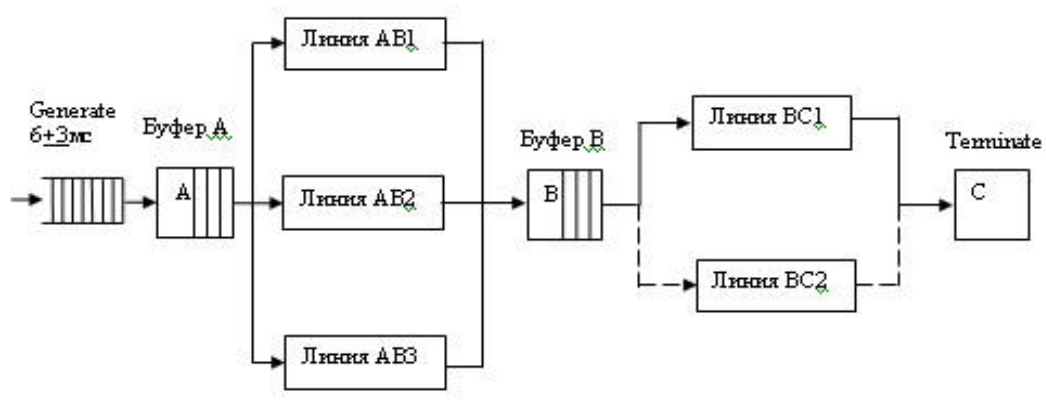


Рис. 3.99. Модель в виде СМО

При этом возникают очереди перед линиям АВ1, АВ2, АВ3.

Задания на разработку компьютерной установки и моделирование

1. Построить компьютерную установку в виде имитационной модели в среде расширенного редактора GPSSW, используя решение представленной в виде программы моделирования на языке GPSS (приложение П15).
2. Разработать пользовательский интерфейс имитационной установки для проведения моделирования (окно «Ввода данных», окно «Динамики хода эксперимента») по образцу приведенной в п.2.2. и по руководству пользователя редактора форм.
3. Провести отладку и проверить адекватность модели;
4. Необходимо смоделировать прохождение через систему передачи данных 800 пакетов.
5. Определить характеристики очередей в пункте А и В.
6. Определить вероятность использования линии ВС2 и пропускную способность линии передачи данных ВС1, при которой отпадёт необходимость в наличии буфера в пункте В и линии ВС2.
7. Сделать анализ полученных результатов моделирования.

ГЛАВА 4. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

4.1. Подготовка кадров по имитационному моделированию

В связи с изменением парадигмы подготовки специалистов и многоуровневости образовательного процесса (бакалавриат, магистратура, аспирантура) изменились и подходы подготовки выпускников высшего образования. В основе образовательных стандартов нового поколения лежат деятельностный и компетентностный подходы. У выпускников различных уровней образования и направлений подготовки должны сформироваться те или иные (общекультурные, общепрофессиональные, профессиональные, специальные и другие) компетенции. И выпускники должны быть готовы к различным видам профессиональной деятельности.

Многие горизонтальные компетенции для направлений подготовки бакалавров, в частности по общему направлению 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника», и вертикальные компетенции по уровням образования (бакалавров и магистров) для разных направлений подготовки имеют практически одинаковые или похожие формулировки.

Имитационное моделирование является интеллектуальным ядром в области информатики и информационных систем и технологий, поэтому цикл дисциплин по аналитическому и имитационному моделированию систем является базовым для направлений 09.00.00.

Рассмотрим примеры формирования компетенций направления 09.03.02 – Информационные системы и технологии. Приведем некоторые компетенции из ФГОС 3, которые необходимы для становления бакалавра профессионала с углубленным изучением основ математического моделирования.

Проектно-конструкторская деятельность:

- способность проводить предпроектное обследование(инжиниринг) объекта проектирования, системный анализ предметной области, их взаимосвязей(ПК–1);
- способность проводить техническое проектирование (реинжиниринг) (ПК–2);
- способность проводить рабочее проектирование(ПК–3);
- способность проводить выбор исходных данных для проектирования (ПК–4);
- способность проводить моделирование процессов и систем(ПК–5);

- способность оценивать надежность и качество функционирования объекта проектирования (ПК–6);
- способность осуществлять сертификацию проекта по стандартам качества (ПК–7);
- способность проводить расчет экономической эффективности (ПК–9);
- готовность разрабатывать, согласовывать и выпускать все виды проектной документации (ПК–10).

Научно-исследовательская деятельность:

- способность проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования (ПК–23);
- способность участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований (ПК–24);
- способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений (ПК–25);
- готовность использовать математические методы обработки, анализа и синтеза результатов профессиональных исследований (ПК–26);
- способность оформлять полученные рабочие результаты в виде презентаций, научно-технических отчетов, статей и докладов на научно-технических конференциях (ПК–27).

Для формирования этих компетентностей на уровне бакалавриата, кроме дисциплин профессионального цикла:

- Управление данными
- Информационные технологии
- Проектирование и архитектура информационных систем
- Технологии программирования
- Теория информационных процессов и систем
- Технологии обработки информации
- Интеллектуальные информационные системы и технологии
- Инструментальные средства информационных систем
- Методы и средства проектирования информационных систем и технологий
- Разработка и стандартизация программных средств и информационных технологий

Необходимы знания, умения и навыки по специальным дисциплинам в области математического моделирования, например:

- Исследование операций;

- Системы компьютерной математики и схмотехнического моделирования;
- Моделирование процессов и систем;
- Анализ данных и прогнозирование;
- Инструментальные средства имитационного моделирования;
- Имитационное моделирование.

Опыт подготовки бакалавров по направлению 09.04.02 – Информационные системы и технологии с углубленным изучением основ математического моделирования показывает, что формирование этих компетенций по проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности особенно ярко проявляется при подготовке научно-исследовательских работ в виде курсовых, проектных и выпускных квалификационных работ.

При выполнении курсовых работ по дисциплине «Технологии программирования» на втором курсе студенты делают первые шаги по исследовательской деятельности, чаще всего разрабатывают различные приложения в системах программирования.

Изучение общего курса «Моделирование процессов и систем» и дисциплин по выбору «Инструментальные средства моделирования», «Имитационное моделирование» дает базовую подготовку в области аналитического и имитационного моделирования. При выполнении курсовой работы по математическому моделированию студенты осознанно выбирают инструментальную среду моделирования и могут ставить задачи и выбор темы исследования по своему интересу. Осознанно подходят к анализу предметной области темы исследования. Разработка компьютерных моделей проводится на уровне учебно-исследовательских моделей, причем разработка моделей идет по методу стихийного моделирования, т.е. они строят модели, так как видится им данный объект. Метод стихийного моделирования широко демонстрируется разработчиками инструментальной среды моделирования Anylogic, которые являются большими профессионалами в разработке имитационных моделей в данной среде, для них такой подход является базовым. Дружественный интерфейс среды Anylogic позволяет любому пользователю этой среды работать по методологии стихийного построения моделей. Для начинающих моделёров (модельеров) при разработке своих первых учебных моделей возможно использование стихийного моделирования, однако отметим, что такой подход может привести к разработке плохих, даже уродливых моделей.

Изучение дисциплин «Проектирование и архитектура информационных систем», «Методы и средства проектирования информационных систем» поз-

воляет студентам уже на профессиональной основе подойти к проектированию и разработке имитационных моделей. Они разрабатывают проекты по имитационному моделированию на основе технологий проектирования информационных систем. Студенты уже имеют некоторый опыт разработки компьютерных моделей, поэтому проектирование имитационных моделей как (программных) информационных систем и его реализация в рамках курсового проекта проводится на уровне научно-исследовательских моделей,

Высшим итогом научно-исследовательской работы студентов должна быть выпускная квалификационная работа, на которой практически реализуются все этапы разработки имитационных моделей. В него входят четыре части:

Аналитическая часть

Проектная часть

Разработка имитационной модели

Исследовательская часть.

Этапы разработки рассмотрены ниже.

4.2. Этапы конструирования и разработки имитационных моделей

Имитационная модель в общем случае представляет собой некоторую информационную систему, разработанную с помощью систем программирования или инструментальных средств моделирования. Поэтому подходы к разработке имитационной модели должны соответствовать технологиям разработки информационных систем.

Этапы разработки и проведения имитационного исследования в рамках разработки учебных и исследовательских моделей приведены на рис.4.1.

1. Этап формулировки проблемы проводится согласно Шеннону[38]. Здесь проводится анализ актуальности исследования и предметной области. На этом этапе определяется предмет исследования, соответственно ставятся цели и формулируются задачи исследования.

2. На этапе обзора литературы и патентной проработки проводится поиск авторов, внесших вклад в развитии этой проблемы и патентный поиск аналогичных информационных систем (компьютерных моделей).

3. На данном этапе формируются требования к имитационной модели и отличительные особенности разрабатываемых моделей.

4. Техническое задание разрабатывается согласно ГОСТ 34.602-89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы». При выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ заказчиком выступает учебное заведение. Техническое задание определяет отношения между разработчи-

ком и заказчиком и оформляется в виде документа. Этот документ является обязательным, согласно данному документу начинается разработка имитационной модели.

5. Разработка проекта начинается с создания концептуальной и функциональных моделей, здесь используются методологии IDEF0, DFD, если имеются базы данных, то IDEF1X. Особенно важно построение нотации IDEF3, которая нужна для построения имитационной модели. Диаграммы можно строить в информационных системах проектирования All fission Modeler (BPwin, Erwin), Rational Rose, CASEАналитик, ARIS Toolset и др., в которых можно провести контекстную и функциональную декомпозицию системы, потоков данных, управляющих потоков, определить структуру данных, построить диаграммы «сущность-связь» и др.

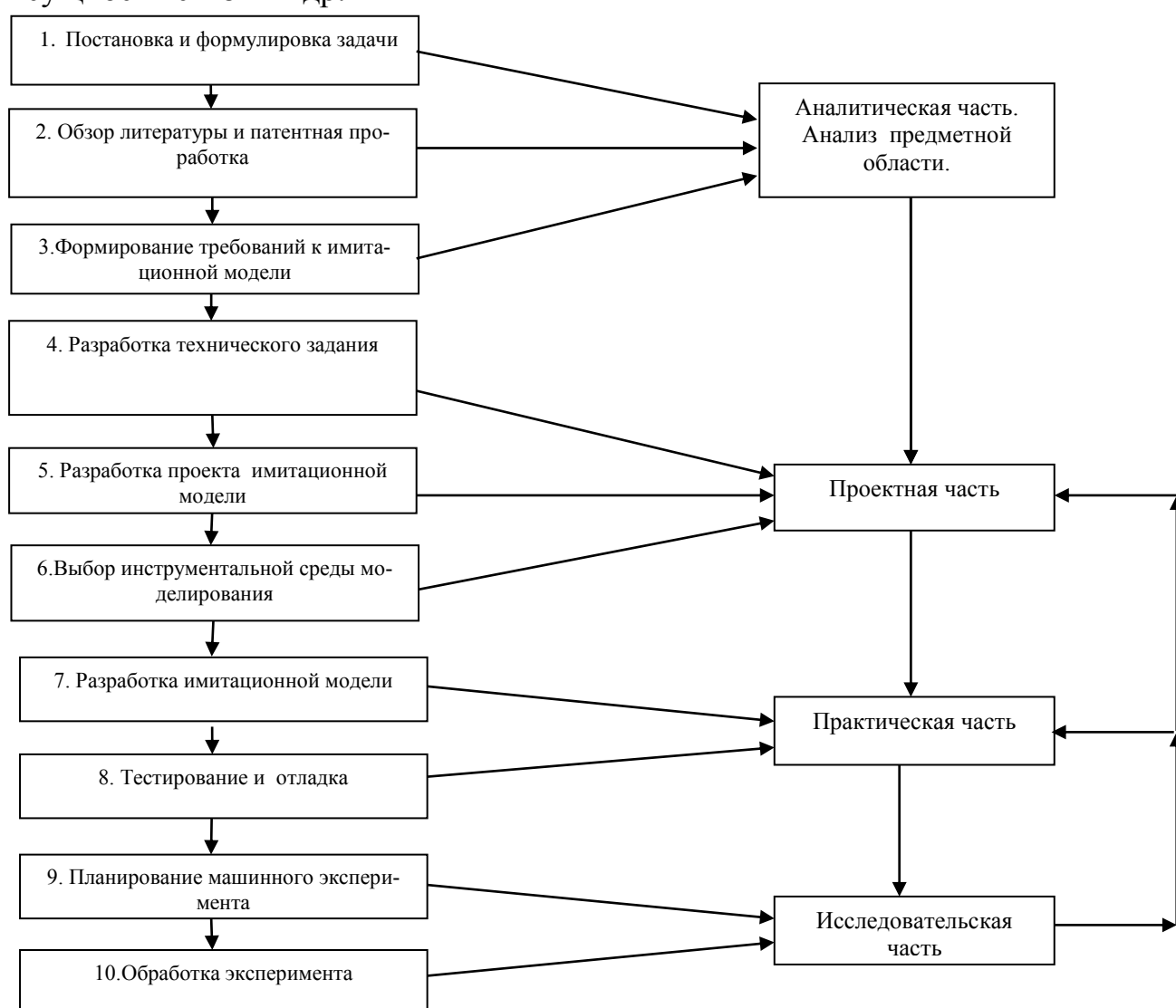


Рис.4.1. Этапы создания имитационной модели и основные части квалификационной работы

6. На этом этапе необходимо выбрать систему моделирования и уточнить детали проектирования имитационной модели в этой среде.

7. Начинается пошаговая разработка имитационной модели в выбранной инструментальной среде моделирования. Научно-исследовательская модель предполагает выдачу зависимостей в виде динамических двумерных и трехмерных графиков и анимационных роликов, отражающих имитацию реальных объектов.

8. Разработанная компьютерная модель тестируется, проводится отладка и проверяется адекватность построенной модели реальному объекту.

9. На этом этапе проводится планирование и проведение машинного эксперимента.

10. В конечном итоге результаты обработки эксперимента оформляются в виде итогового отчета.

Ниже в сжатом виде представлены три примера создания систем автоматизации имитационных исследований для реальных транспортных и производственных систем согласно этапам разработки имитационной модели (рис.4.1)

4.3. Исследование работы автобусного маршрута

Постановка задачи. Имеется автобусный маршрут, на котором числится 17 автобусов. Необходимо построить модель, которая позволит проследить движения автобусов заданного маршрута и вести статистику по времени. Показатели светофоров генерируются случайным образом. Входные данные: количество регулируемых светофорами перекрестков, количество остановок на данном маршруте. Цикл повторяется несколько раз в течение заданного промежутка времени. Результаты имитации вывести в виде графиков и таблиц.

4.3.1. Анализ предметной области и патентная проработка

Анализ маршрута движения автобуса № 234к. Мониторинг движения автобусов позволяет оптимизировать маршруты по времени, вовремя отслеживать и пресекать отклонения от маршрута. Моделирование системы мониторинга даст возможность выявить положительные и отрицательные стороны этой системы.

Для системы мониторинга движения городских автобусов в качестве примера анализируется маршрут №234к г. Уфа.

На автобусном маршруте №234к находятся 16 остановок:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1.Музей имени Нестерова | 9.Улица Некрасова |
| 2.Дом актёра имени Бедер Юсуповой | 10.Улица Софьи Перовской |

3. Советская площадь
4. ОАО "Уфимкабель"
5. Улица Новомостовая
6. Монумент Дружбы
7. Улица Сочинская
8. Мечеть "Ихлас"

11. Улица Степана Кувыкина
12. Молодёжная аллея
13. Улица Рабкоров
14. Улица Мубарякова
15. Институт глазных болезней
16. Роддом № 4

Данный маршрут в 2gis выглядит следующим образом.



Рис. 4.2. Маршрут № 234к на карте

Помимо остановок, на маршруте встречаются перекрестки, регулируемые светофорами, на которых так же потребуются остановка.

На данном маршруте светофоров 14. Далее представлен список пересечений улиц, на которых они установлены:

- | | |
|---|--|
| 1. ул. Свердлова и ул. Карла Маркса | 9. ул. Софьи Перовской |
| 2. ул. Карла Маркса и ул. Пушкина | 10. ул. Софьи Перовской и ул. Академика Ураксина |
| 3. ул. Пушкина и ул. Ленина | 11. ул. Софьи Перовской и ул. Зайнаб Бишевой |
| 4. ул. Пушкина и ул. Цурюпа | 12. ул. Софьи Перовской и ул. Армавирская |
| 5. ул. Цурюпа и ул. Заки Валиди | 13. ул. Софьи Перовской и ул. Степана Кувыкина |
| 6. ул. Заки Валиди и ул. Новомостовая | 14. ул. Степана Кувыкина и ул. Рабкорова. |
| 7. пешеходный переход на монументе Дружбы | |
| 8. ул. Заки Валиди и ул. Сочинская | |

На данном маршруте числится 17 автобусов. Когда идет активный поток пассажиров, а это: утреннее, обеденное и вечернее время, автобусы подъезжают на начальную остановку с периодичностью 3 – 5 минуты. А в остальное время, когда поток пассажиров пассивен, период ожидания маршрутного автобуса составляет 8 – 10 минут.

Среднее время автобуса в пути 30 – 40 минут в зависимости от ситуации на дороге. График работы автобусов на маршруте с 6:00 до 23:00. За это время транспорт успевает совершить около 10 поездок от начальной остановки до конечной, соответственно один автобус делает пять кругов от начальной остановки до конечной и обратно. На рис.4.3 представлены этапы имитационного моделирования по задаче автобусный маршрут.

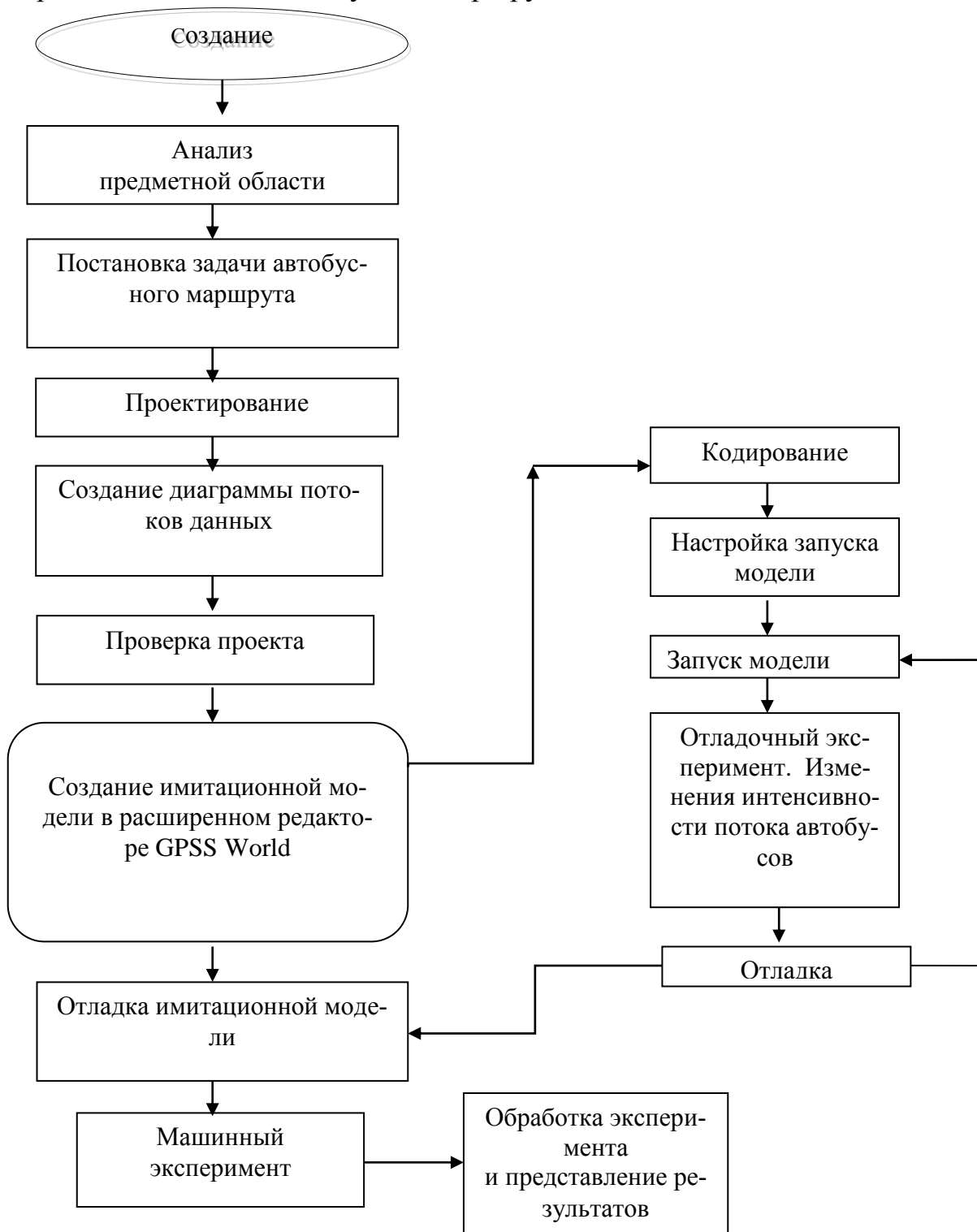


Рис.4.3. Этапы имитационного моделирования

Проблемой оптимизации транспортных маршрутов в городской среде занимались еще в 40–80-е годы XX столетия [40-46]. В настоящее время имеется множество программных продуктов для имитационного моделирования транспортных задач [47, 48], использовались разные подходы к моделированию транспортных маршрутов [49-51] и имитационному моделированию оптимизации автобусных маршрутов [28, 35, 52-54].

4.3.2. Проектная часть

Разработка любой информационной систем по теории подчиняется какой-то модели жизненного цикла изделия в зависимости или согласно используемого стандарта (стандарт фирмы, российский стандарт, международный стандарт и др.) В нашем случае мы используем ГОСТ 34 или новые российские стандарты на разработку информационных систем - ГОСТ Р. Так как разрабатывается первая версия, то можно использовать каскадную модель жизненного цикла [8, 22, 29]. Для согласования требований по информационной системе между сторонами – заказчиком и разработчиком необходимо разработать техническое задание. Проектирование включает в себя разработку технического предложения и (или) технического задания (ТЗ) [7], отражающих эти потребности, и реализацию ТЗ в виде проектной документации

Рассмотрим в учебных целях проектный подход к разработке имитационных моделей. Начнем с технического задания.

Техническое задание

1. Общие сведения

Настоящее Техническое задание (ТЗ) составлено в соответствии с ГОСТ 34.602-89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы».

1.1. Полное наименование системы и ее условное обозначение

1.1.1. Полное наименование системы – Система мониторинга движения городских автобусов на основе имитационной модели

1.1.2. Краткое наименование системы – СМДГА

1.2. Наименования предприятий разработчиков и заказчика

1.2.1. Заказчик – БГПУ им. М.Акмуллы

1.2.2. Разработчиком является студент 5 курса ИПОИТ Зарипова Алия Булатовна

1.3. Основание для разработки

Выпускная квалификационная работа, направленная на проектирование и разработку имитационной модели .

1.4. Плановые сроки работ

1.4.1. Начало работ по созданию системы – 20 января 2015 г.

1.4.2. Первый этап работ – 20 января 2015 г. – 20 февраля 2015 г.

1.4.3. Второй этап работ – 21 февраля 2015 г. – 20 апреля 2015 г.

1.4.4. Третий этап работ – 20 апреля 2015 г. – 1 мая 2015 г.

1.4.5. Выполнение работ по развитию имитационной модели и поддержке ее функционирования планируется на протяжении всего жизненного цикла и сроками не ограничивается.

1.5. Нормативно-правовая база

Вопросы разработки, внедрения и использования СМДГА регулируются совокупностью актов, образующих нормативно-правовую базу СМДГА.

2. Назначение и цели создания системы

2.1. Назначение системы

2.1.1. СМДГА предназначена для мониторинга движения автобусов заданного маршрута и ведения статистики по времени.

2.2. Цель создания системы

Целью создания СДГА является разработка реальной имитационной модели на которой можно проводить эксперименты по оптимизации и мониторингу движения автобусов на транспортной линии города.

3. Характеристика объекта информатизации

3.1. Объект информатизации: транспортная система города.

3.2. Характеристика текущего уровня информатизации

3.2.1. Транспортная система обладает значительными и постоянно возрастающими информационными и вычислительными ресурсами. Информационные ресурсы слабо систематизированы, существенно разрознены, как логически, так и физически.

3.2.2. Информация о транспортной системе слабо представлена для доступа по телекоммуникационным каналам.

4. Требования к системе

4.1. Основные задачи, подлежащие реализации в СМДГА

4.1.1. Задачи, подлежащие реализации в СМДГА, разделяются на две категории: задачи обеспечения функционирования и информационные задачи. Решение задач обеспечения функционирования носит первостепенный характер и должно обеспечить базу для решения информационных задач.

4.1.2. К задачам обеспечения функционирования относятся:

- Определение и анализ требований к базовой сетевой операционной системе, выбор операционной системы и приобретение в случае необходимости достаточного количества лицензий.

Примечание. Предварительный анализ позволил рекомендовать для использования в СМДГА в качестве платформы Windows XP/7.

- Выбор среды программирования для разработки имитационной модели.

Примечание. Предварительный анализ позволил рекомендовать для разработки СМДГА среду GPSS World.

- Установка и настройка базового программного обеспечения.

4.1.3. К задачам информационного обеспечения относятся:

- Моделирование дорожного движения с заданным значением машин
- Моделирование дорожного движения с возможностью переключения перекрестка
- Вывод статистики о длине очереди

4.2. Требования к информационному обеспечению

4.2.1. Информационное обеспечение СМДГА составляют:

- данные о количестве автобусов на маршруте;
- данные о периодичности автобусов;
- количество часов в смене водителя;
- данные о статистике.

5. Состав работ по созданию системы

5.1. Работы по созданию СМДГА проводятся в три этапа (см. раздел 1.4 настоящего технического задания):

- на первом этапе разрабатывается структура модели согласно проекту,
- на втором этапе выполняется программная разработка модели,
- на третьем этапе производится тестирование и отладка.

6. Порядок контроля и приемки системы

6.1. Приемка и оценка работ, выполненных в соответствии с настоящим техническим заданием, осуществляется комиссией.

6.2. По результатам приемо-сдаточных работ оформляется Акт сдачи-приемки.

7. Требования к документированию

7.1. В состав принимаемых в эксплуатацию СМДГА включается комплект документации, подготовленный в соответствии с требованиями ЕСПД

Функциональное моделирование

Современный подход к проектированию информационных систем предполагает создание модели исходной информационной системы, описывающей все необходимые аспекты её функционирования. Применение моделей позволяет сократить сроки проектирования, улучшить качество проекта за счёт устранения большого числа ошибок в решении стратегических вопросов уже на ранних стадиях работы. Для проектирования информационных (имитационных)

систем используются различные инструментальные средства– BPWin, ERWin, Rational Rose, ARIS в зависимости от сложности и назначения проекта.

При создании такой модели обычно применяется функциональная методология. Она предполагает рассмотрение системы в виде набора функций, преобразующих входной поток информации в выходной.

Функциональная модель – описание системы с помощью IDEF0. Данная модель предназначена для описания существующих бизнес-процессов, в которой используются как естественный, так и графический языки. Для передачи информации о конкретной системе источником графического языка является сама методология IDEF0.

Методология IDEF0 предназначена для построения иерархической системы диаграмм – единичных описаний фрагментов системы. Сначала проводится описание системы в целом и ее взаимодействия с окружающим миром (контекстная диаграмма), после чего проводится функциональная декомпозиция – система разбивается на подсистемы и каждая подсистема описывается отдельно (диаграммы декомпозиции). Затем каждая подсистема разбивается на более мелкие и так далее до достижения нужной степени подробности.

Каждая IDEF0-диаграмма содержит блоки и дуги. Блоки – функции моделируемой системы. Дуги связывают блоки вместе и отображают взаимодействия и взаимосвязи между ними.

Функциональные блоки на диаграммах изображаются прямоугольниками, означающими поименованные процессы, функции или задачи, которые происходят в течение определенного времени и имеют распознаваемые результаты.

Каждая сторона блока имеет особое назначение. Левая сторона блока предназначена для входов, верхняя – для управления, правая – для выходов, нижняя – для механизмов. Такое обозначение отражает определенные системные принципы: входы преобразуются в выходы, управление ограничивает или предписывает условия выполнения преобразований, механизмы показывают, что и как выполняет функция.

В процессе моделирования системы в IDEF0, первым делом определяется контекст – черный ящик. Это самый абстрактный уровень описания системы в целом. В данном случае контекстом будет моделирование СМДГА.

Согласно этим этапам разработаны функциональные модели процесса разработки в среде BpWin (рис.4.4- 4.7).

После описания черного ящика проводится разложение ее на крупные фрагменты. Этот процесс называется функциональной декомпозицией, а диаграммы, которые описывают каждый фрагмент и взаимодействие фрагментов, называются диаграммами декомпозиции. Процесс моделирования СМДГА делится на три этапа, следовательно, в схеме будут три диаграммы декомпозиции.

Декомпозиция блока Разработка модели, в свою очередь, разбивается на два блока. Это блок «Выбор программного средства разработки модели» и блок «Моделирование».

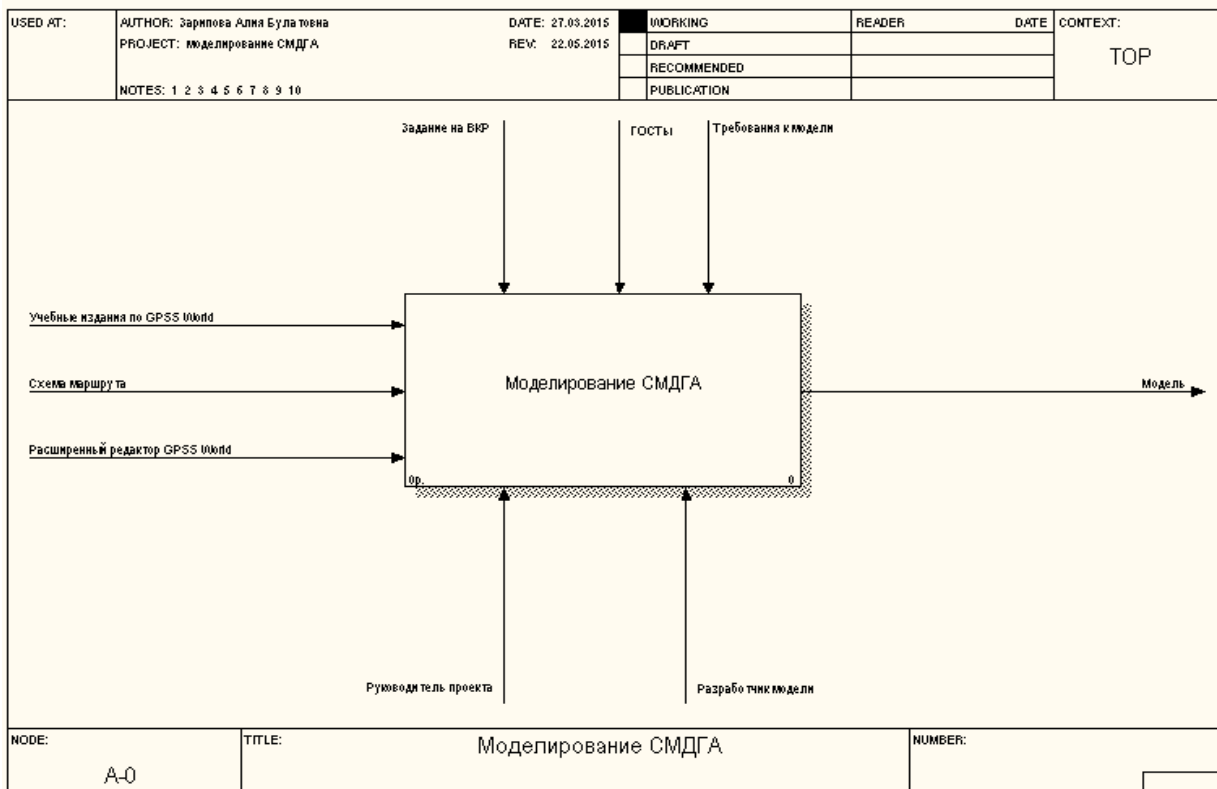


Рис. 4.4. Функциональная модель – моделирование СМДГА

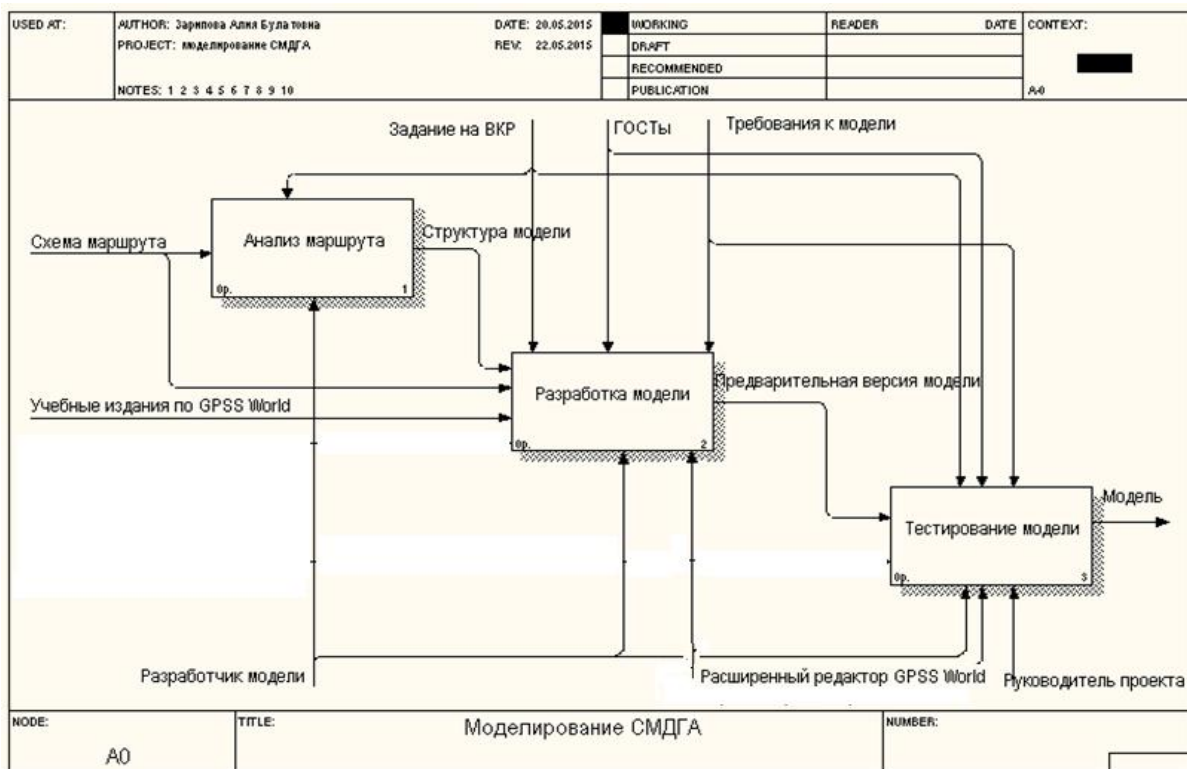


Рис. 4.5. Декомпозиция функциональной модели – моделирование СМДГА.

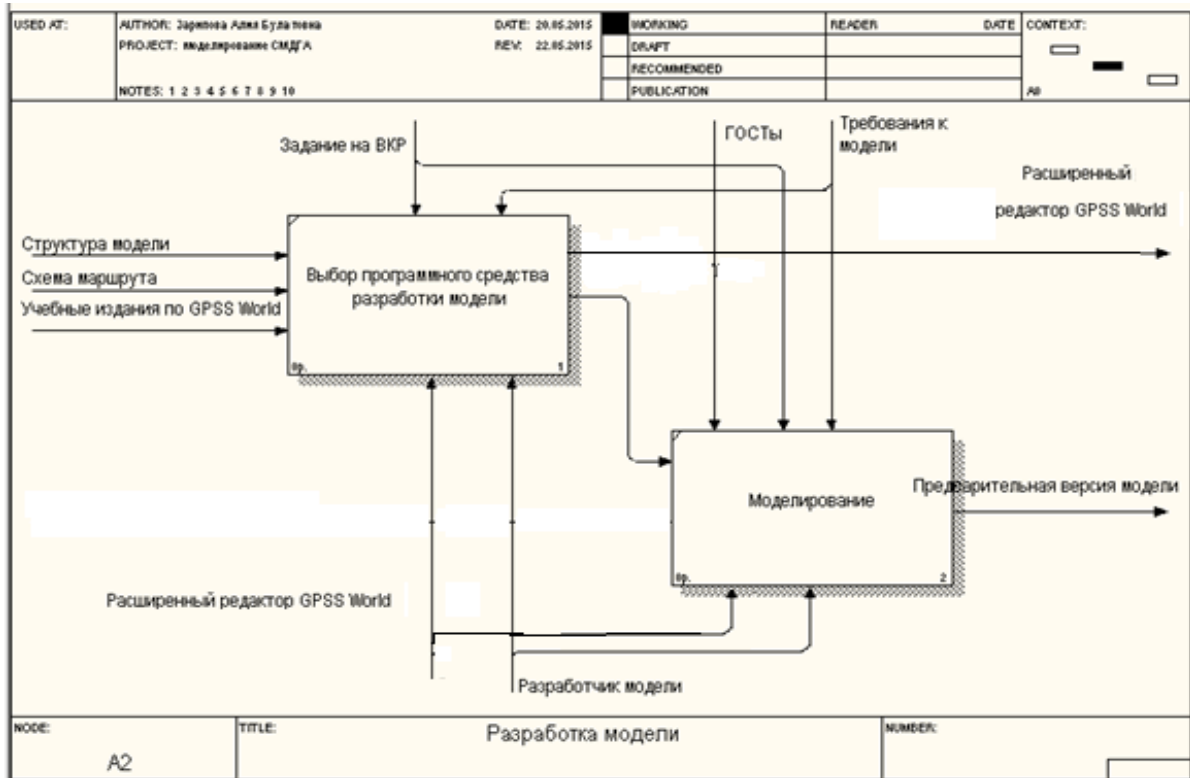


Рис. 4.6. Функциональная модель второго уровня по разработке модели – моделирование СМДГА

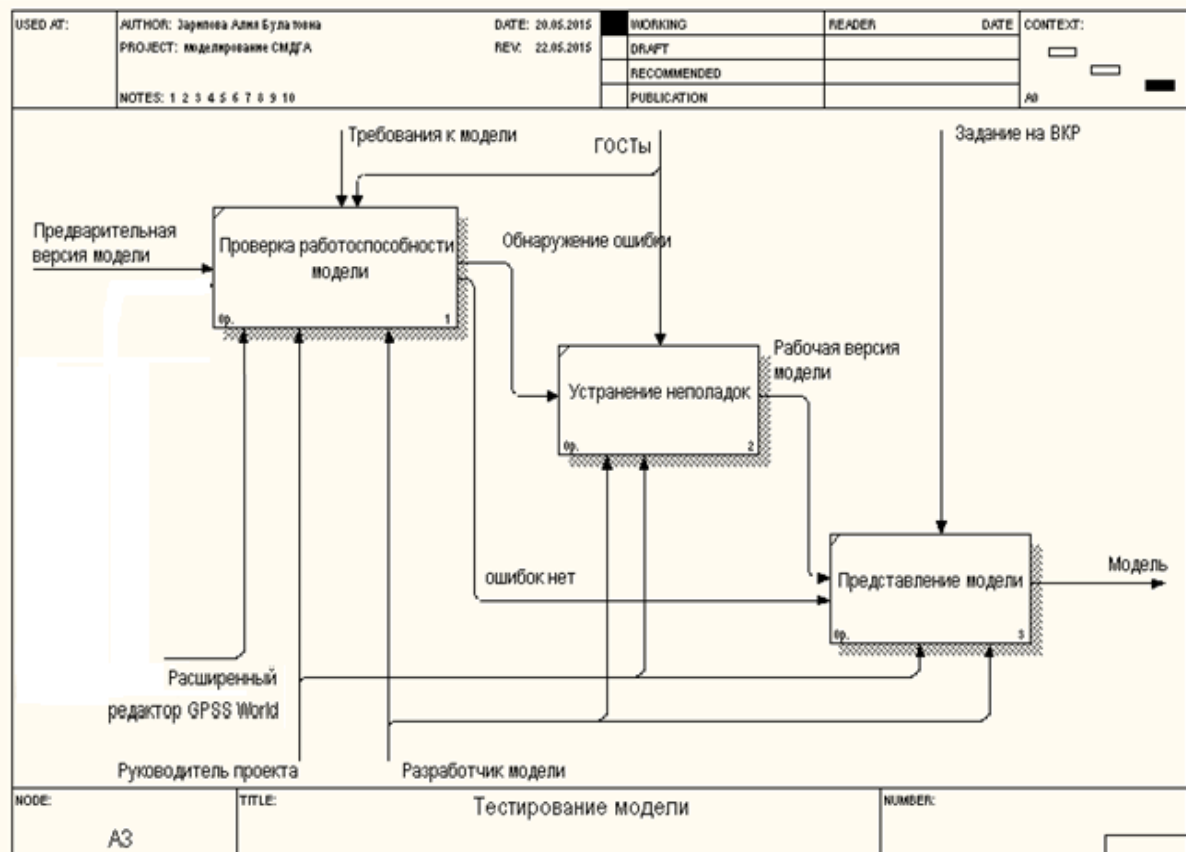


Рис. 4.7. Функциональная модель второго уровня по тестированию модели – моделирование СМДГА

Выбор программного средства разработки модели осуществляется после анализа маршрута. Помимо анализа маршрута в выборе программного средства участвуют такие входные данные, как:

- схема маршрута;
- структура модели;
- учебные издания по GPSS World.

После выбора программного средства разработки модели данные отправляются в блок «Моделирование». Учитывая входные данные, управление и механизмы на выходе, получается результат, предварительная версия модели.

Декомпозиция третьего уровня – Тестирование модели. На данном уровне декомпозиции осуществляется проверка работоспособности модели. На вход блока подается:

- предварительная версия модели, полученная при разработке модели;
- расширенный редактор GPSS World.

При проверке работоспособности модели могут быть выявлены различные неполадки. Эти неполадки будут служить входными данными на блок «Устранение неполадок». Если же ошибок нет, то данные сразу отправляются в блок «Представление модели», выходными данными которого служит модель.

4.3.3. Разработка имитационной модели автобусного маршрута и результаты машинного эксперимента

После запуска расширенного редактора GPSS World, необходимо создать новую схему. Для этого щелкаем на «Файл» и из выпадающего списка выбираем «Создать схему». Перед нами возникает чистое рабочее поле для создания схемы модели. Далее размещаем типовые элементарные блоки (ТЭБ), чтобы соединив их получить схему модели.

Типовые элементарные блоки являются логически независимыми элементами. Они имеют свой интерфейс, это некий набор входов и выходов, которые позволяют им связываться с другими ТЭБами. Каждый блок содержит в себе модель на языке GPSS World, с помощью которого блок определяет логику его работы.

Для того чтобы создать ТЭБ, необходимо нажать в панели инструментов кнопку «Добавить ТЭБ». Или нажать правую кнопку мыши и из выпадающего списка выбрать «Добавить ТЭБ».

После добавления ТЭБа изменяем его параметры. Первый элемент называется «создание автобусов на маршруте» размер шрифта 22, тип шрифта Times New Roman и задаем один выход. Во вкладке GPSS прописываем блок

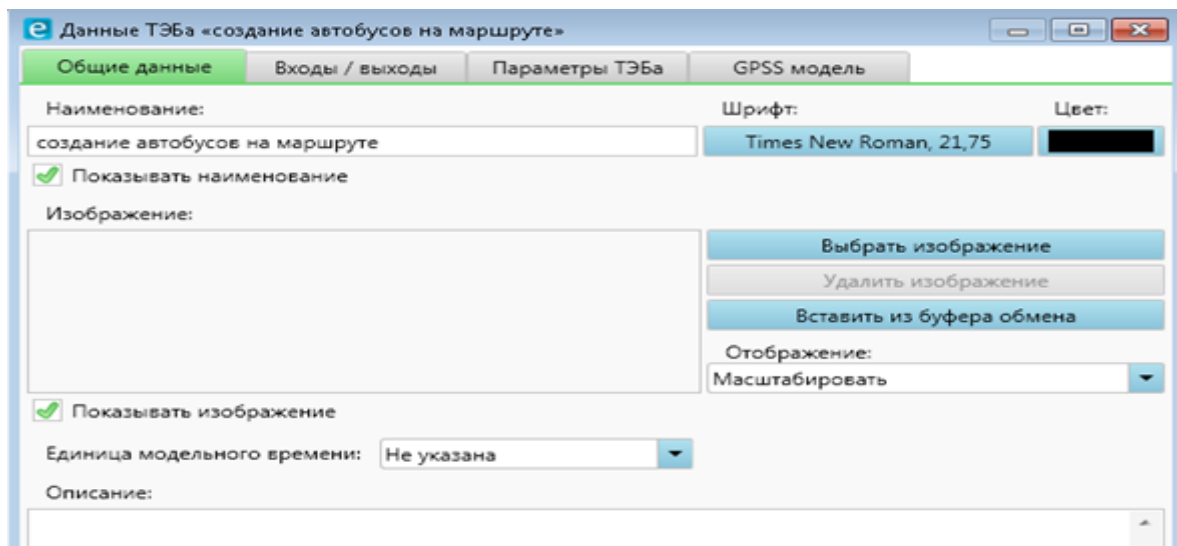


Рис. 4.8. Общие данные ТЭБа «начало движения автобуса на маршруте»

GENERATE ,,1/ данный блок создает транзакты для последующего ввода в процесс моделирования

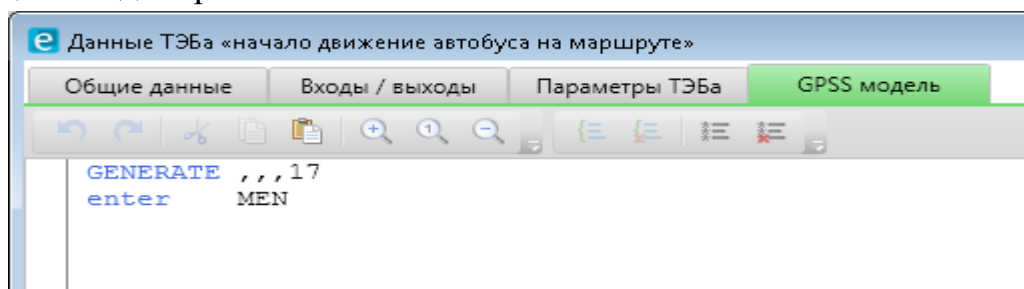


Рис. 4.9. GPSS модель ТЭБа «начало движения автобуса на маршруте»

Следующий элемент схемы – остановка. Создаем ТЭБ так же как создавали для предыдущего элемента. Название первой остановки «Музей имени Некрасова». Задаем один вход и один выход. В модели GPSS указываем блок ADVANCE 120,60, который задерживает продвижение транзакта на заданный отрезок модельного времени.

Так как все единицы модельного времени заданы в секундах, задержка автобуса на остановке 120 секунд, плюс минус 60 секунд.

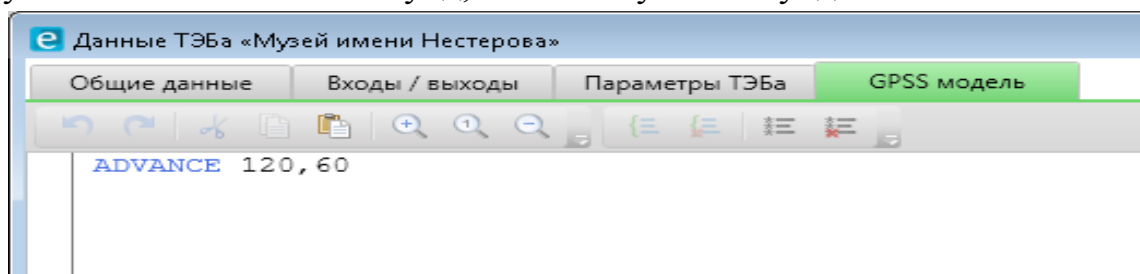


Рис. 4.10. GPSS модель ТЭБа «Музей имени Нестерова»

После остановки автобус едет до следующего светофора. Следующие действия автобуса зависят от цвета светофора:

- горит зеленый цвет, автобус проедет без остановки,
- горит красный цвет, автобус вынужден остановиться и задержаться пока не загорится зеленый. И только потом продолжить движение по маршруту.

Для этого мы создадим ТЭБ с названием пересечений улиц, на которых расположены светофоры. Первый светофор на данном маршруте расположен на пересечении улицы Свердлова и улицы Карла Маркса. Открываем «Данные ТЭБа» и прописываем наименование.

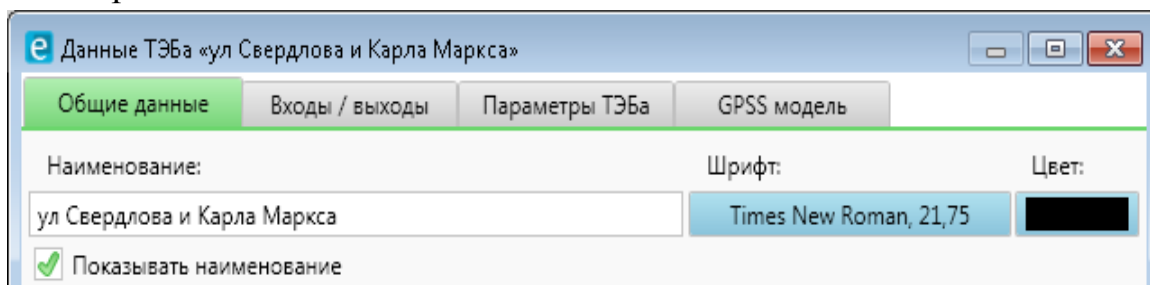


Рис.4.11. Общие данные ТЭБа « ул. Свердлова и Карла Маркса»

Во вкладке «Входы/выходы» данному ТЭБу задаем один вход и два выхода, так как мы имеем два варианта развития ситуаций. Метка первого выхода назовем PG, а второй выход GG. Выход PG идет без остановки на следующую остановку, выход GG идет в ТЭБ «светофор».

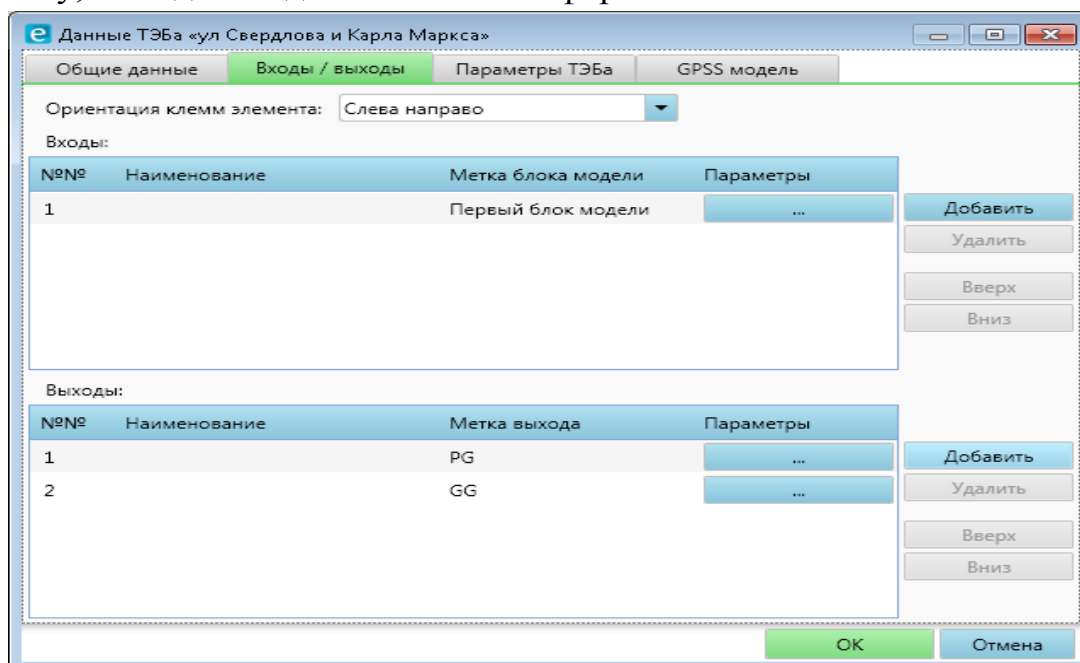


Рис. 4.12. Входы и выходы ТЭБа «ул. Свердлова и Карла Маркса»

Таким образом, добавляя остановки и перекрестки, мы формируем схему движения автобуса на маршруте. В итоге модель будет выглядеть следующим образом:

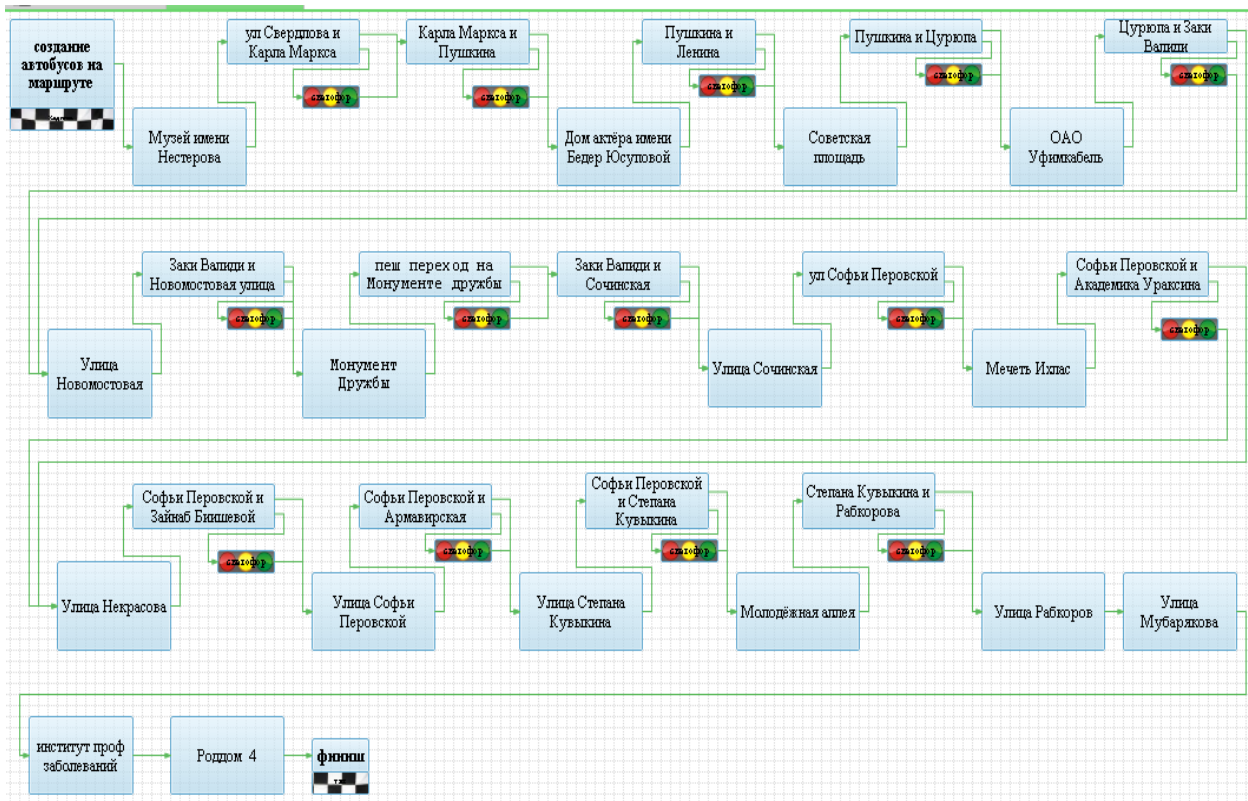


Рис.4.13. Готовая модель маршрута №234к.

Чтобы начать процесс моделирования, необходимо нажать на иконку «Начать моделирование», или F5 на клавиатуре. После того как процесс закончится, программа выводит код модели.

```

+ Модель «2»
+ Дата и время создания 26 мая 2015 г. 15:46:53
+-----+

+ ТЗБ «начало движение автобуса на маршруте»

+ Операторы модели
GENERATE    , , , 17
ENTER      MEN

+ Выход №1 «»
TRANSFER   ,autoLabel_1

+ ТЗБ «Музей имени Нестерова»

+ Операторы модели
autoLabel_1 ADVANCE    120,60

+ Выход №1 «»
TRANSFER   ,autoLabel_2

+ ТЗБ «ул Свердлова и Карла Маркса»

+ Операторы модели
autoLabel_2 TRANSFER   PICK,autoLabel_3,autoLabel_4

```

Рис.4.14. Начальный результат моделирования

После вывода кода модели необходимо инициировать запуск модели. Для

этого во вкладке «Моделирование» выбрать команду START и задать начальные параметры. Например START 10.

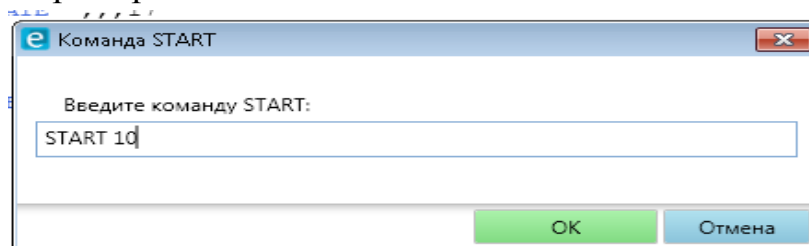


Рис.4.15. Окно команды START

После выполнения команды START программа выводит отчет с общей информацией о прошедшем процессе моделирования.

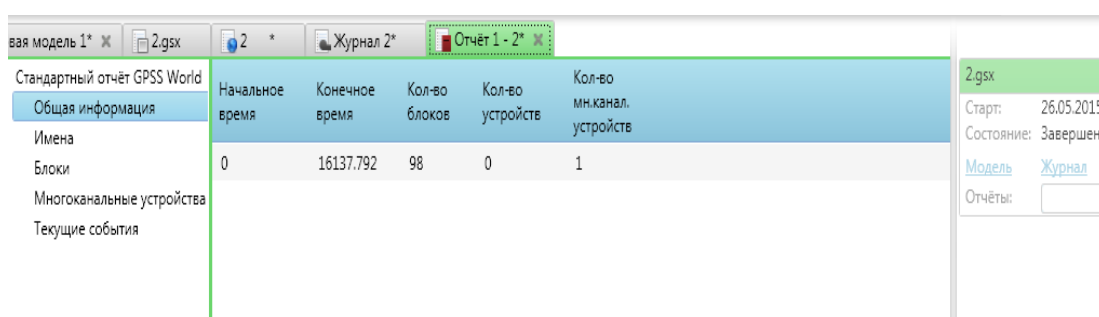


Рис. 4.16. Окно отчета

После вывода отчета модель готова для обработки в программе «Редактор Форм».

Запуск модели в «Редакторе форм»

Для обработки модели в редакторе форм необходимо сохранить модель, после чего запустить редактор и в меню «Файл» выбрать пункт «Указать модель»

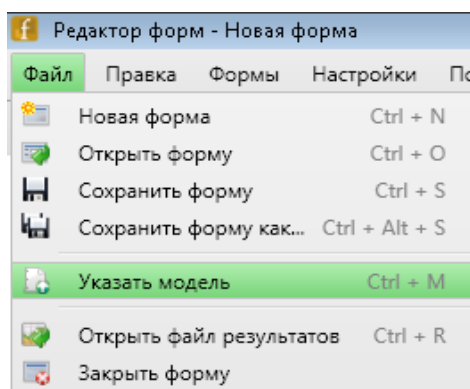


Рис.4.17. Указание модели в редакторе форм

После того как мы указали модель, нужно в пункте меню «Формы» выбрать подпункт «Настройка модели». Указываем параметр «Завершение моделирования по количеству уничтоженных транзактов» в интервале от 1 до 17.

После указания этого параметра нужно выбрать пункт «Настройка мониторинга». В появившемся окне выбираем доступный объект и задаем показатель «Общее кол-во использованных линий». Это позволит нам вывести график с необходимой информацией.

После выполнения настроек мониторинга можно начинать проверку формы. Для этого в меню «Формы» выбираем пункт «Проверить форму», либо можно нажать горячую клавишу F5. Далее выбираем вкладку «Моделирование» и нажимаем кнопку «Начать моделирование». После окончания процесса моделирования переходим во вкладку «Результаты» и проверяем последний проведенный эксперимент.

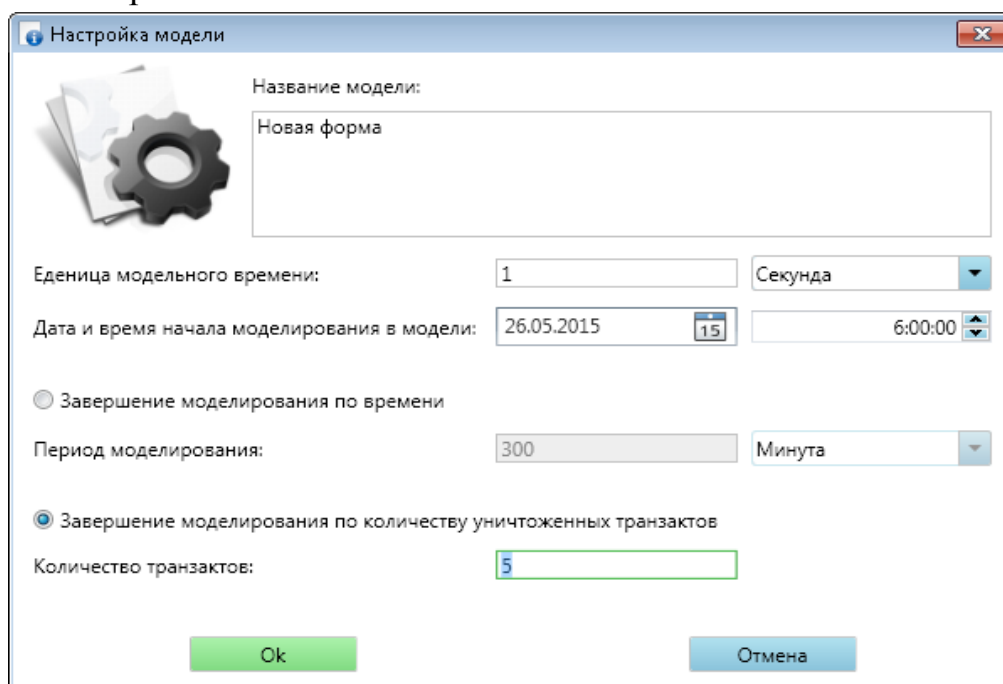


Рис.4.18. Настройка модели в редакторе форм

На графике 4.20 показано, за какой промежуток времени все автобусы, кол-во которых указывается в настройках модели, проедут весь маршрут 1 раз. Автобусы едут по очереди. Когда доезжает первый – следующий начинает движение и т.д. Из графика мы можем увидеть, что в зависимости от времени суток, время, затраченное на преодоление маршрута, может изменяться. В среднем автобус затратит на преодоление маршрута около 20–25 минут.

В пункте «Динамика показателей» отображается конечный график моделирования. Изменяя в настройках модели количество транзактов, мы проверяем усредненный показатель времени, за которое маршрут проедут указанное кол-во автобусов. Ниже приведены несколько графиков с разными параметрами запуска. Графики для 5, 10 и 17 автобусов.

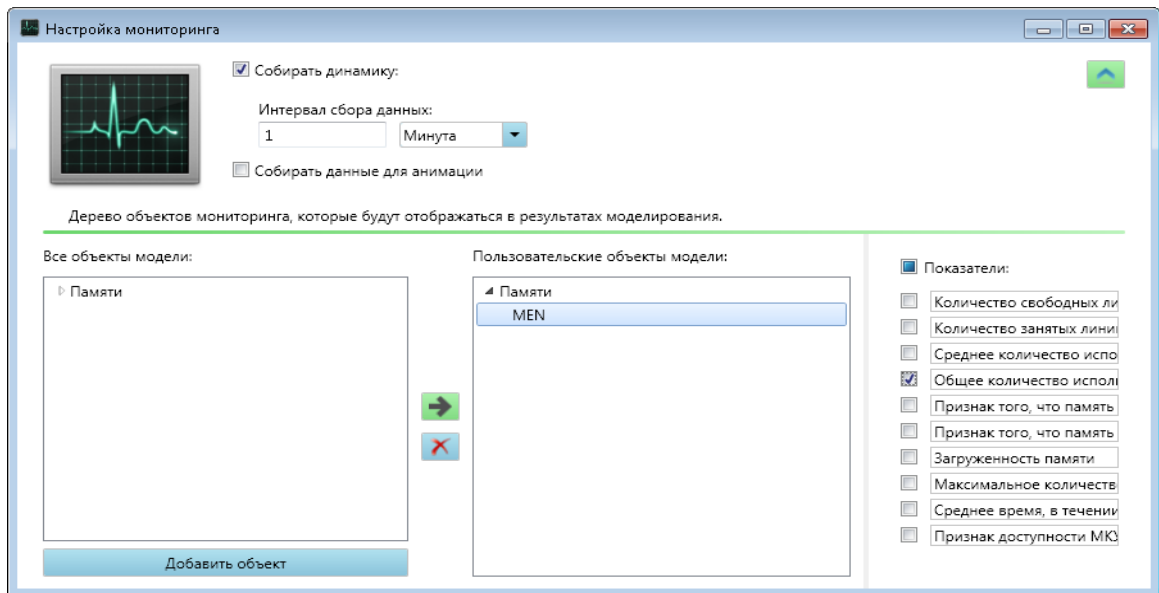


Рис.4.19. Настройка мониторинга

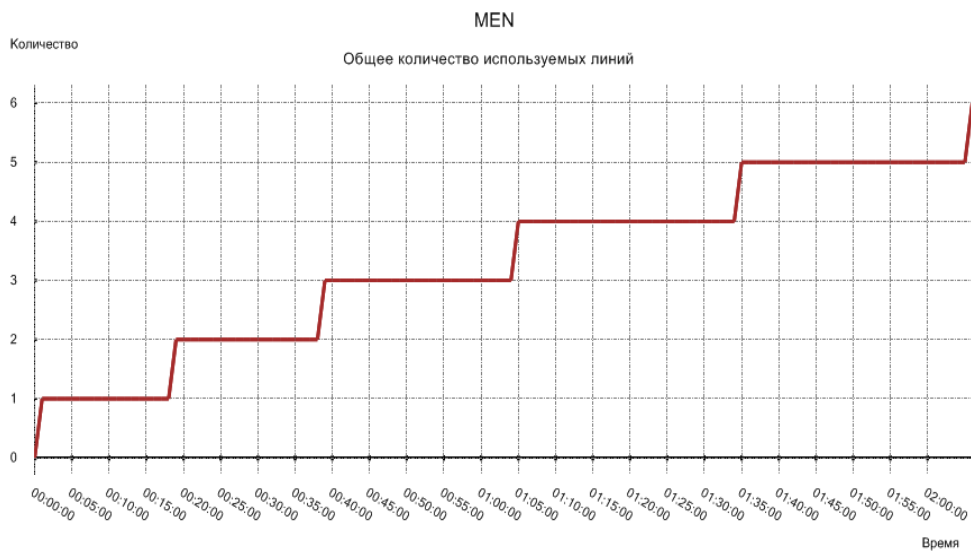


Рис.4.20. График с количеством автобусов - 5

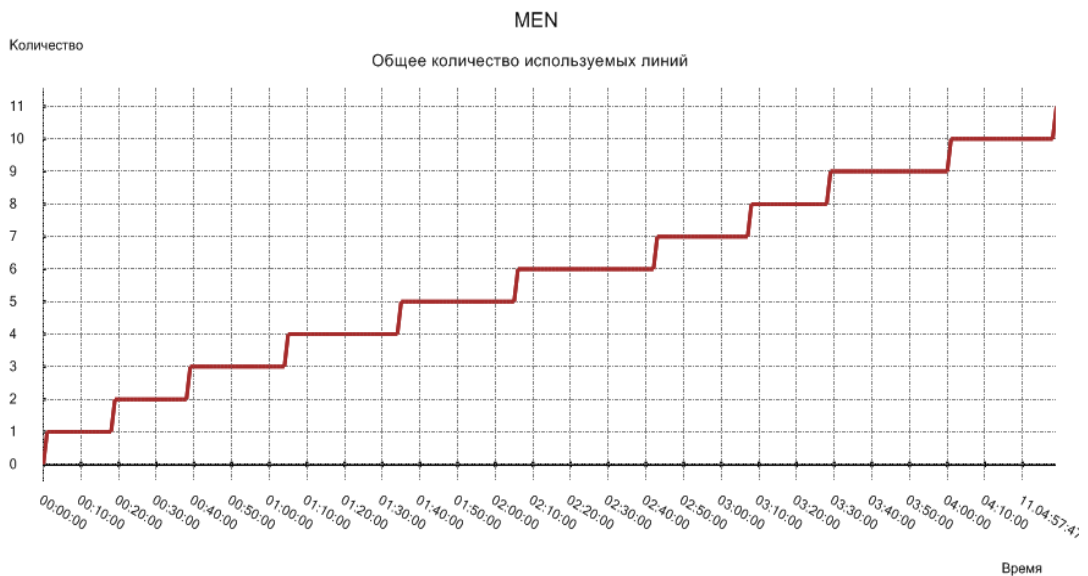


Рис.4.21. График с количеством автобусов - 10

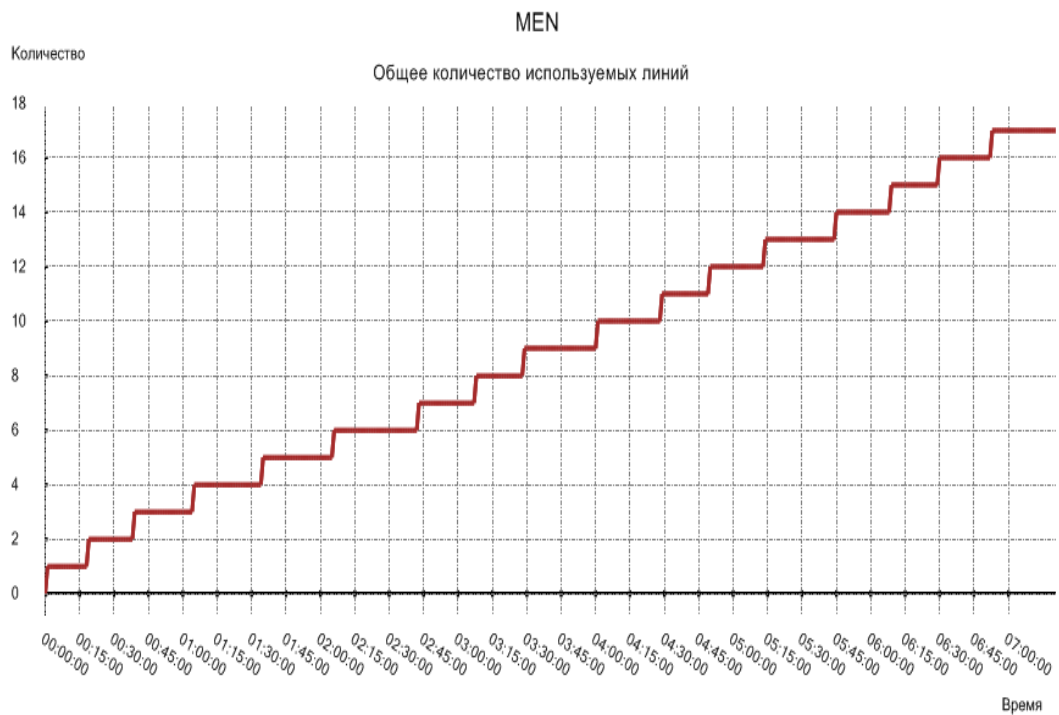


Рис. 4.22. График с количеством автобусов – 17

Таким образом, в результате выполнения данной лабораторной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Автобусный маршрут» и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения интерфейса имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания с учетом анализа и планирования экспериментов.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

4.4. Исследование работы брошюровочно-переплетного цеха

Постановка задачи: разработать имитационную модель работы брошюровочно-переплетного цеха на базе Уфимского полиграфкомбината для изучения работы брошюровочно-переплетного цеха методом имитационного моделирования в среде расширенного редактора GPSS.

Задания на моделирование:

- 1) проанализировать структуру брошюровочно-переплетного цеха;
- 2) спроектировать имитационную модель брошюровочно-переплетного процесса;
- 3) разработать имитационную модель маршрута издания книги в твердом переплете в брошюровочно-переплетном цехе на основе расширенного редактора GPSS;
- 4) провести исследования на основе имитационной модели в целях оптимизации производства книг в твердом переплете.

4.5.1. Аналитическая часть

Анализ структуры брошюровочно-переплетного цеха Уфимского полиграфкомбината (УПК) проводился по документации помещений цеха и расположенного в них оборудования. Послепечатное оборудование, расположенное в брошюровочно-переплетном цехе, и маршрут послепечатных процессов представлен на рис.4.23.

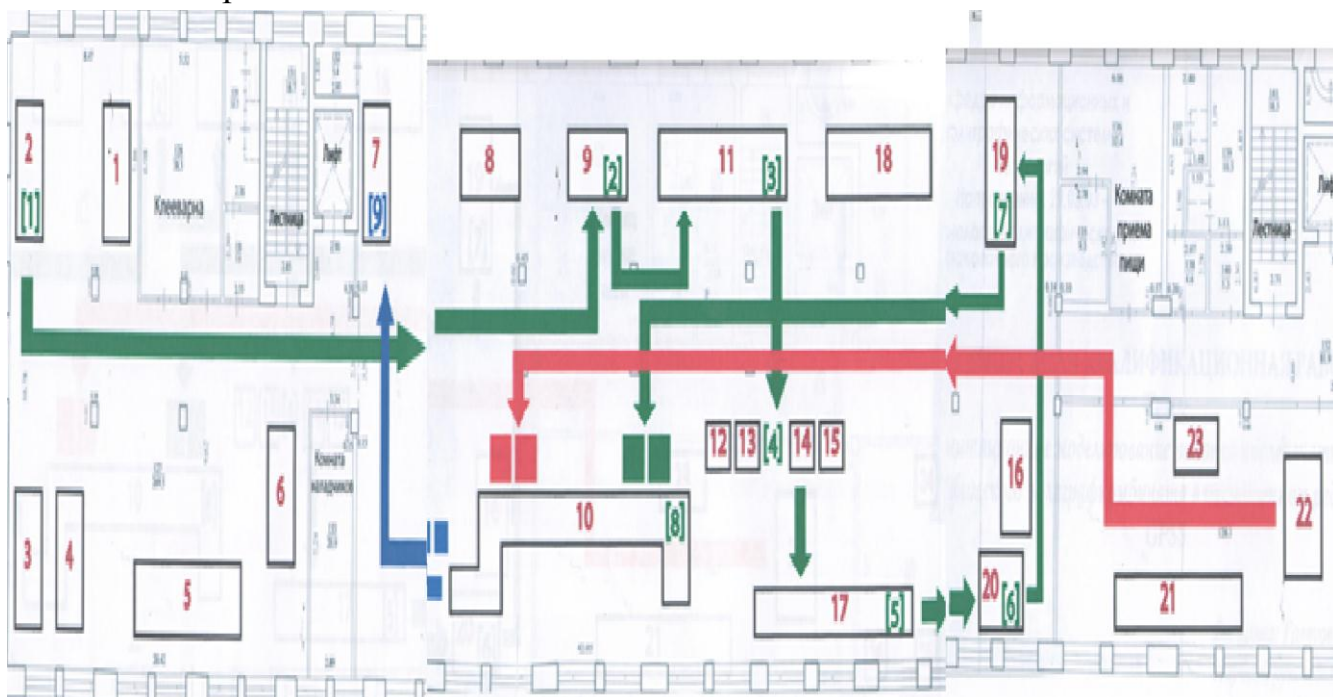


Рис.4.23. Расположение оборудования и маршрут послепечатных процессов в брошюровочно-переплетном цехе Уфимского полиграфкомбината:

1. Машина бесшвейного скрепления «Horison BQ-270».
2. Кассетно-ножевая фальцевальная машина.
3. Ножевая фальцевальная машина.
4. Кассетная фальцевальная машина.
5. Машина бесшвейного скрепления «Pony».
6. Одноножевая резальная машина «MS 115BP».
7. Автоматический Стреппинг машина « Меркури TP 702-52».
8. Ножевая фальцевальная машина «ФНК-43».
9. Форзац приклеечная машина.
10. Книговставочная машина «Колбус BF-527».
11. Листоподборочная машина.
12. Ниткошвейные машины.
13. Ниткошвейные машины.
14. Ниткошвейные машины.
15. Ниткошвейные машины.
16. Одноножевая резальная машина «MS 115 BP».
17. Линия для проклейки корешка блока (Тульская).
18. Вкладочно-швейно-резальный агрегат «Полилат».
19. Трехножевая резальная машина «Wohlenberg».
20. Обжим «NH-4».
21. Вкладно-швейная машина.
22. Крышкоделательная машина «DAS».
23. Автомат для тиснение «Колбус».
24. Позолотный пресс.
25. Позолотный пресс «БЗП-2».
26. Позолотный пресс «БЗП-2».

Рассмотрим перечень работ на полном цикле послепечатного производства книжных изданий в твердом переплете на УПК. На рис.4.77 представлены стрелками маршруты прохождения послепечатных операций.

Ход работ в брошюровочно-переплетном цехе по изготовлению книг в твердом переплётё.

Первый этап. Изготовление, где проводятся следующие работы :

- 1) для первой операции используется кассетно-ножевая фальцевальная машина (2), на которой отпечатанные листы и бумага для форзаца поступают на операцию фальцовка, где листы фальцуются в тетради, а форзац в один сгиб;
- 2) после фальцовки . На тележки первый и последний лист и форзац перевозят к форзац приклеечной машине (9) и приклеивают форзац;

3) тетради с фальцовки первый и последний лист с форзацем везут на листоподборочную машину (11), тетради подбирают в блок, складывают в фуру;

4) после того как блоки собраны, их перевозят к ниткошвейной машине(12), на которой подобранные блоки шьют;

5) сшитые блоки складывают на поддон и везут к линии для проклейки корешка блока (17);

6) после того как блоки проходят обработка корешка, их отвозят к машине Обжим «NH-4» (20);

7) затем обжатые блоки поступают к трехножевой резальной машине «Wohlenberg»(19) где происходит резка с трех сторон, затем все укладывается на поддон. Обрезанные с трех сторон блоки везут на книговставочную машину «Колбус BF-527 »(10).

В это время параллельно происходит операция по изготовлению переплетных крышек.

1. Отпечатанную обложку режут по формату книги на одноножевой машине и везут к крышкоделательной машине (2).

2. Картон режут на картонорезальной машине на сторонки и везут к крышкоделательной машине.

3. Крышкоделательную машину (2) настраивают под изготовление крышек и изготавливают крышки и везут к книговставочную машину «Колбус BF-527 »(10).

На книговставочную линию привезли готовые блоки и крышки:

8) книговставочную машину «Колбус BF-527 »(10) настраивают и вставляют блоки в переплетные крышки, полученные готовые книги проверяют на дефект. Готовые книги укладывают на поддон и везут на упаковку;

9) упаковка на автоматической стреппинг машине «Меркури TP 702» (7).

Этот анализ работ позволяет нам представить информационную модель изготовления книги в твердом переплете в виде следующей схемы (рис.4.24).

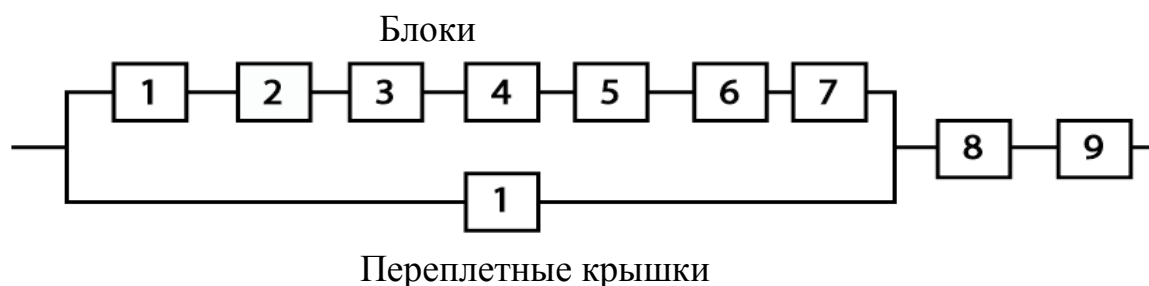


Рис.4.24.Последовательность послепечатных работ

Таким образом, послепечатные процессы создания книжного издания в твердом переплете включает в себя следующие процессы-операции на соответствующем полиграфическом оборудовании в брошюровочно-переплетном цехе Уфимского полиграфкомбината:

- 1) фальцовка на кассетно-ножевой фальцевальной машине;
- 2) приклейка форзаца на форзац-приклеечной машине;
- 3) листоподбор на листоподборочной машине;
- 4) шитье блоков на ниткошвейной машине;
- 5) проклейка корешка блока на Тульской линии для проклейки корешка блока;
- 6) обжим на машине «NH-4»;
- 7) обрезка на трехножевой резальной машине «Wohlenberg»;
- 8) скрепление блока и крышки на книговставочной машине «Колбус ВФ-527» и автоматической стреппинг машине «Меркури ТР 702-52»;
- 9) упаковка;
- 10) параллельно идет процесс изготовления переплетной крышки на крышкоделательной машине «DAS».

Среднее время для выполнения заказа изготовления книги в твердом переплете тиражом 500 штук потребовалось около 280 минут, в зависимости от ситуации на маршруте технологических процессов в брошюровочно-переплетном цехе.

4.4.2. Проектная часть

В этой части мы также воспользуемся функциональной методологией это описание системы с помощью стандарта IDEF0. Она предполагает рассмотрение системы в виде набора функций, преобразующих входной поток информации в выходной.

Методология IDEF0 предназначена для построения иерархической системы диаграмм – единичных описаний фрагментов системы. Сначала проводится описание системы в целом и ее взаимодействия с окружающим миром (контекстная диаграмма), после чего проводится функциональная декомпозиция – система разбивается на подсистемы и каждая подсистема описывается отдельно (диаграммы декомпозиции). Затем каждая подсистема разбивается на более мелкие и так далее до достижения нужной степени подробности.

В процессе моделирования системы в IDEF0 первым делом определяется контекст – черный ящик. Это самый абстрактный уровень описания системы в целом. В данном случае будет разработана контекстная диаграмма «Имитационная модель производства книги в послепечатном цехе» (рис.4.25). После описания черного ящика проводится разложение ее на крупные фрагменты.

Этот процесс называется функциональной декомпозицией, а диаграммы, которые описывают каждый фрагмент и взаимодействие фрагментов, называются диаграммами декомпозиции.



Рис. 4.25. Контекстная диаграмма – моделирование производства книги в твердом переплете в брошюровочно-переплетном цехе

Процесс моделирования производства книги в твердом переплете в брошюровочно-переплетном цехе, делится на три этапа, следовательно, в схеме будут три диаграммы декомпозиции.

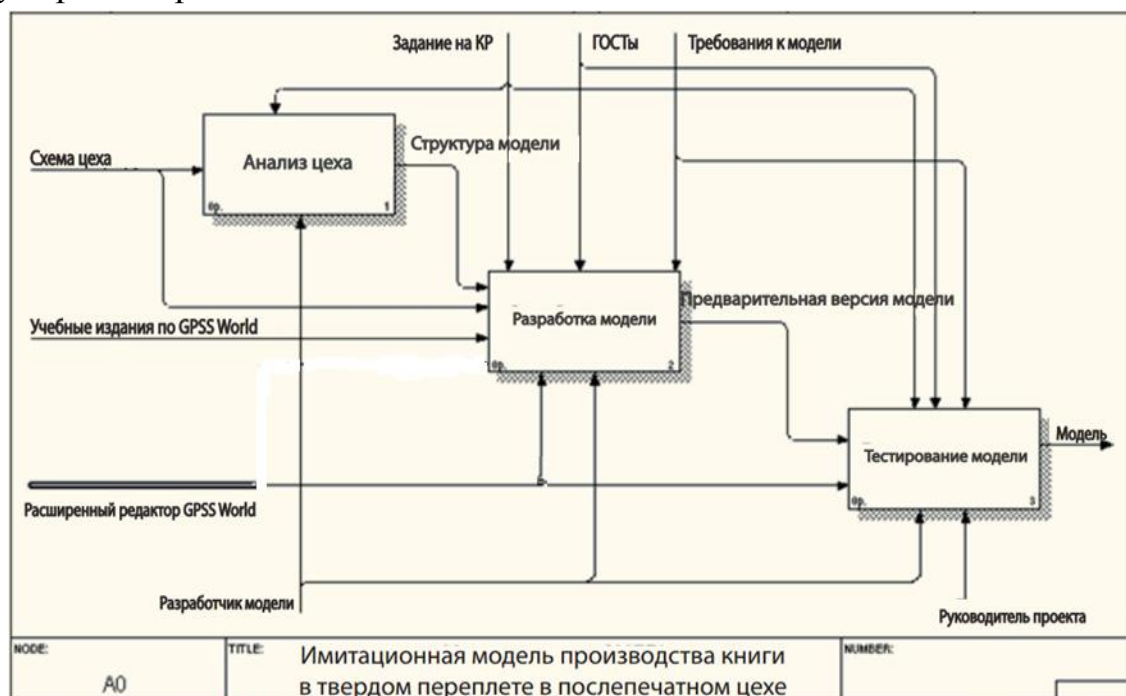


Рис. 4.26. Декомпозиция функциональной модели – моделирование производства книги в твердом переплете в брошюровочно-переплетном цехе

Декомпозиция третьего уровня - разработка модели

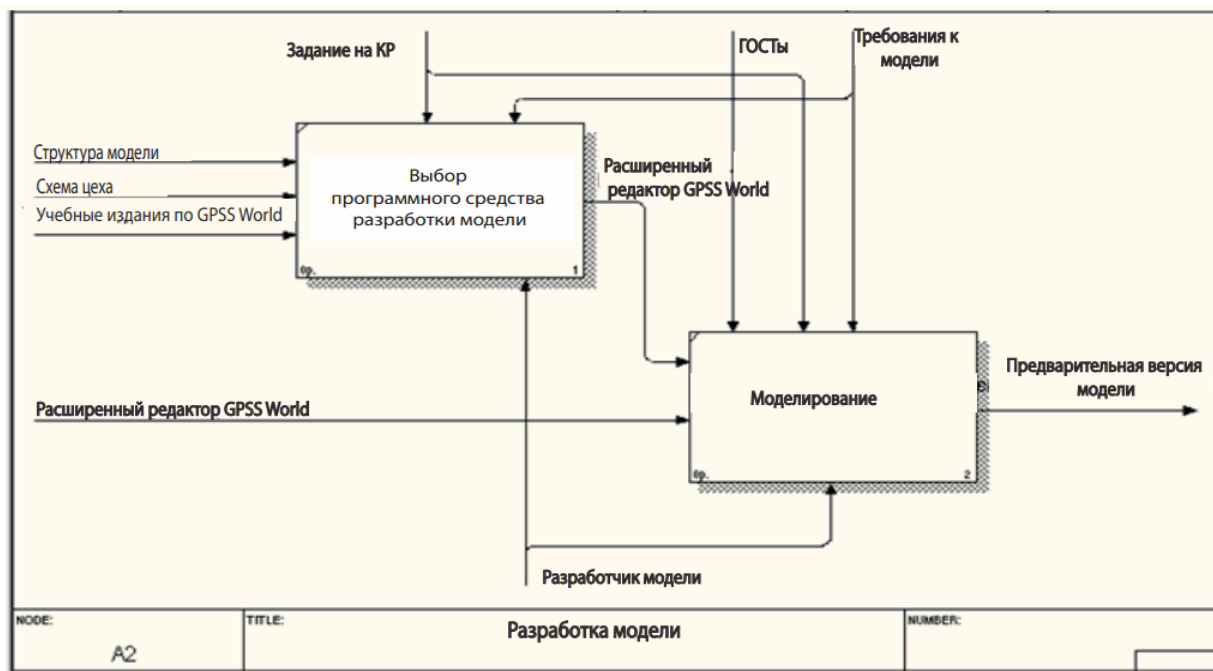


Рис. 4.27. Функциональная модель второго уровня по разработке модели – моделирование производства книги в твердом переплете в брошюровочно-переплетном цехе

Декомпозиция *Разработка модели* в свою очередь разбивается на два блока. Это блок «*Выбор программного средства разработки модели*» и блок «*Моделирование*».

Выбор программного средства разработки модели осуществляется после анализа цеха. Помимо анализа цеха в выборе программного средства участвуют такие входные данные, как:

- схема цеха;
- структура модели;
- учебные издания по GPSS World.

После выбора программного средства разработки модели, данные отправляются в блок «*Моделирование*». Учитывая входные данные, управление и механизмы на выходе получают результат, предварительную версию модели.

Декомпозиция третьего уровня - тестирование модели. На данном уровне декомпозиции осуществляется проверка работоспособности модели.

На вход блока подается:

- предварительная версия модели, полученная при разработки модели;
- расширенный редактор GPSS World.

При проверке работоспособности модели могут быть выявлены различные неполадки. Эти неполадки будут служить входными данными на блок «*Устранение неполадок*». Если же ошибок нет, то данные сразу отправляются

в блок «Представление модели», выходными данными которого служит модель.



Рис.4.28. Функциональная модель второго уровня по тестированию модели – моделирование ИМПК в ПЦ

4.4.3. Разработка имитационной модели «Изготовление книги в твердом переплете» и результаты машинного эксперимента

После запуска расширенного редактора GPSS World, необходимо создать новую схему. Для этого щелкаем на «Файл» и из выпадающего списка выбираем «Создать схему». Перед нами возникает чистое рабочее поле для создания схемы модели. Далее размещаем типовые элементарные блоки (ТЭБ), чтобы соединив их получить схему модели.

Типовые элементарные блоки являются логически независимыми элементами. Они имеют свой интерфейс, это некий набор входов и выходов, которые позволяют им связываться с другими ТЭБами. Каждый блок содержит в себе модель на языке GPSS World, с помощью которого блок определяет логику его работы.

Для того чтобы создать ТЭБ, необходимо нажать в панели инструментов кнопку «Добавить ТЭБ». Или нажать правую кнопку мыши и из выпадающего списка выбрать «Добавить ТЭБ».

После добавления ТЭБа изменяем его параметры. Первый элемент называется «Фальцевальная машина», размер шрифта 22, тип шрифта Times New Roman и задаем один выход. Во вкладке GPSS прописываем блок.

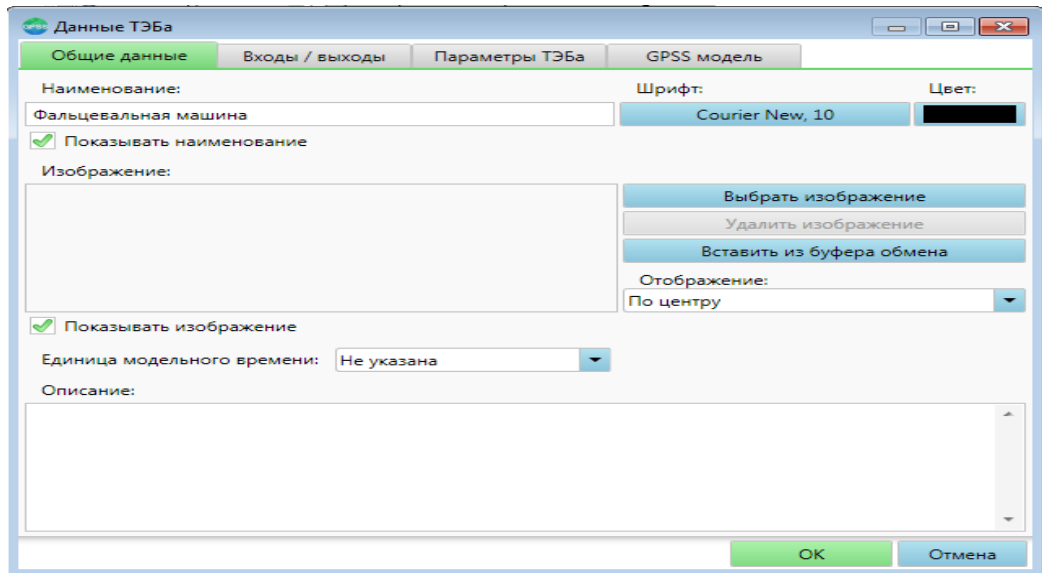


Рис. 4.29. Общие данные ТЭБа «Фальцевальная машина»

Следующий элемент схемы – следующая машина. Создаем ТЭБ так же, как создавали для предыдущего элемента. Название ТЭБа «Форзац приклеечная машина». Задаем один вход и один выход. В модели GPSS указываем блок ADVANCE 18,3, который задерживает продвижение транзакта на заданный отрезок модельного времени.

Так как все единицы модельного времени заданы в минутах, задержка продукта на машине 18 минут, плюс минус 3 минуты.

Таким образом, добавляя все машины, мы формируем схему движения Книги в твердом переплете на маршруте. В итоге схема будет выглядеть следующим образом:

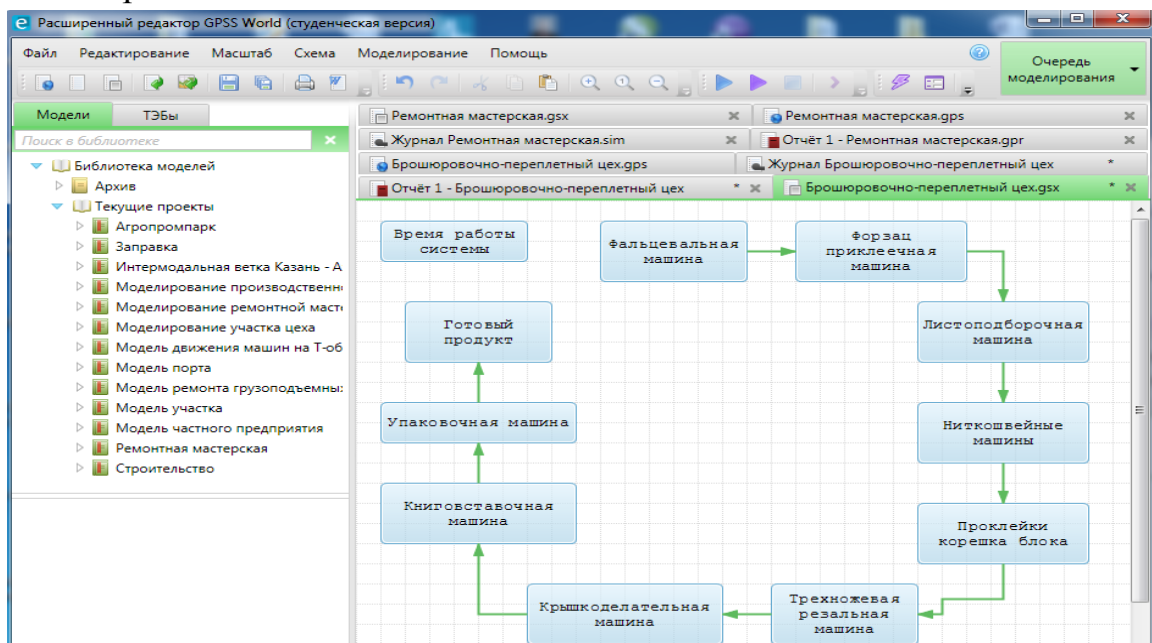


Рис.4.30. Интерфейс расширенного редактора GPSS и схема имитационной модели послепечатных процессов

На основе этих технологических процессов нами была спроектирована и реализована имитационная модель брошюровочно-переплетного цеха Уфимского полиграфкомбината в расширенном редакторе GPSS World (рис.4.30, приложение 10), были протестированы каждая из ветвей алгоритма функционирования модели, а также возможность изменения данных в модели и запуск ее на других ОС семейства Windows.

На рис.4.31 представлены результаты моделирования и динамики изменения некоторых характеристик на послепечатном оборудовании.

Имя / номер	Кол-во раз, когда устройство было занято	Кэффициент использования	Ср. время занятия устройства одним тран.	Состояние устройства в конце	Номер тран., занимающег устройство
MASHINA_1	16	0.98	17.02	1	92
MASHINA_2	13	0.907	19.395	1	76
MASHINA_3	12	0.825	19.119	1	71
MASHINA_4	11	0.668	16.889	1	65
MASHINA_5	8	0.711	24.696	1	45
MASHINA_6	7	0.257	10.211	1	0
MASHINA_7	7	0.043	1.69	1	0
MASHINA_8	6	0.577	26.754	1	32
MASHINA_9	5	0.439	24.402	1	27

Рис.4.31. Стандартный отчет GPSS по загрузенности устройств

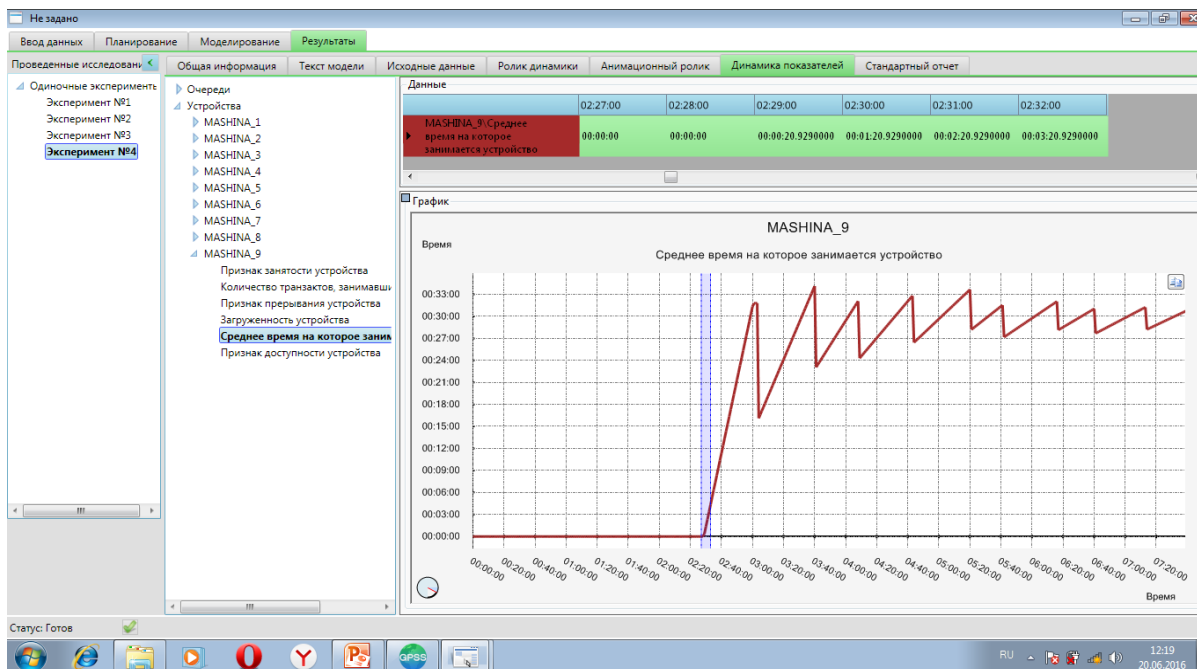


Рис.4.32. Результат моделирования по времени (упаковочная машина)

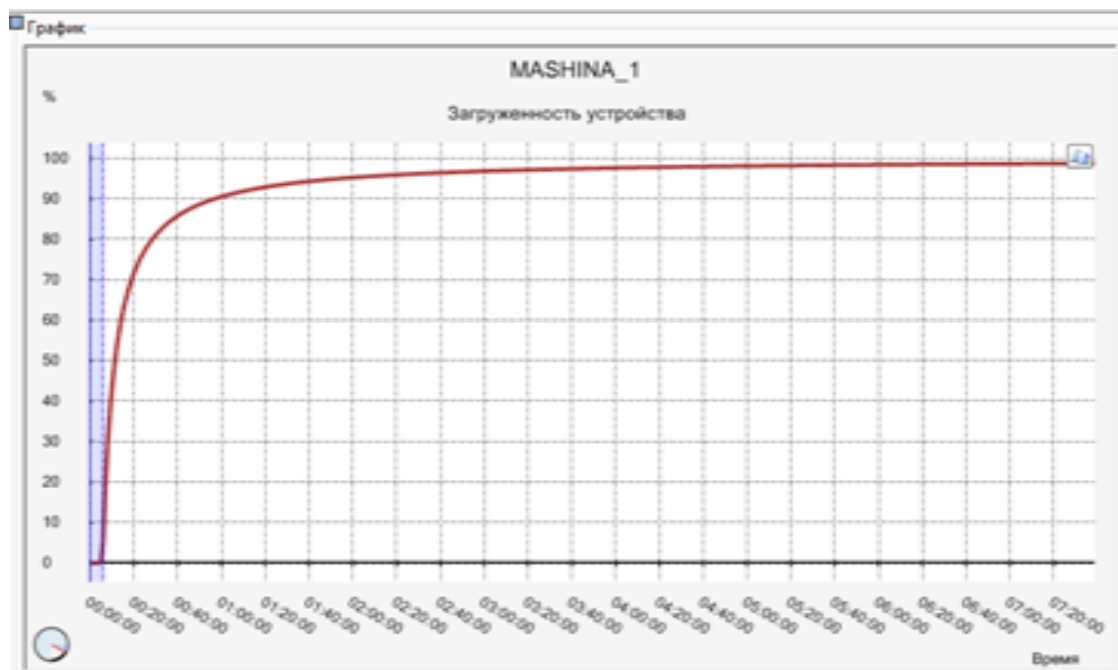


Рис.4.33. График загруженности фальцевальной машины

Таким образом, в результате выполнения данной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Работа брошюровочно переплетного цеха» в виде имитационной модели и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения интерфейса имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести ряд экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания с учетом анализа и планирования экспериментов.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

4.5. Исследование работы автомастерской таксопарка

Постановка задачи. Таксопарк, имеет автомастерскую. Наличие такой структуры необходимо при достаточно большом парке автомашин. В автомастерскую привозят или приезжают машины, которые получили повреждения или поломки в результате эксплуатации автомашины.

Задания на моделирование

1. Провести системный анализ области исследования.
2. Спроектировать имитационную модель автомастерской таксопарка.
3. Разработать имитационную модель автомастерской таксопарка в расширенном редакторе GPSS World.
4. Провести исследования на основе имитационной модели в целях анализа и оптимизации работы автомастерской таксопарка.

Здесь мы опускаем изложение первой и второй задач и переходим непосредственно к третьей.

4.5.1. Разработка имитационной модели «Автомастерская таксопарка»

1. Начинаем создание модели. Открываем расширенный редактор GPSS(рис.4.34) и создаем проект :

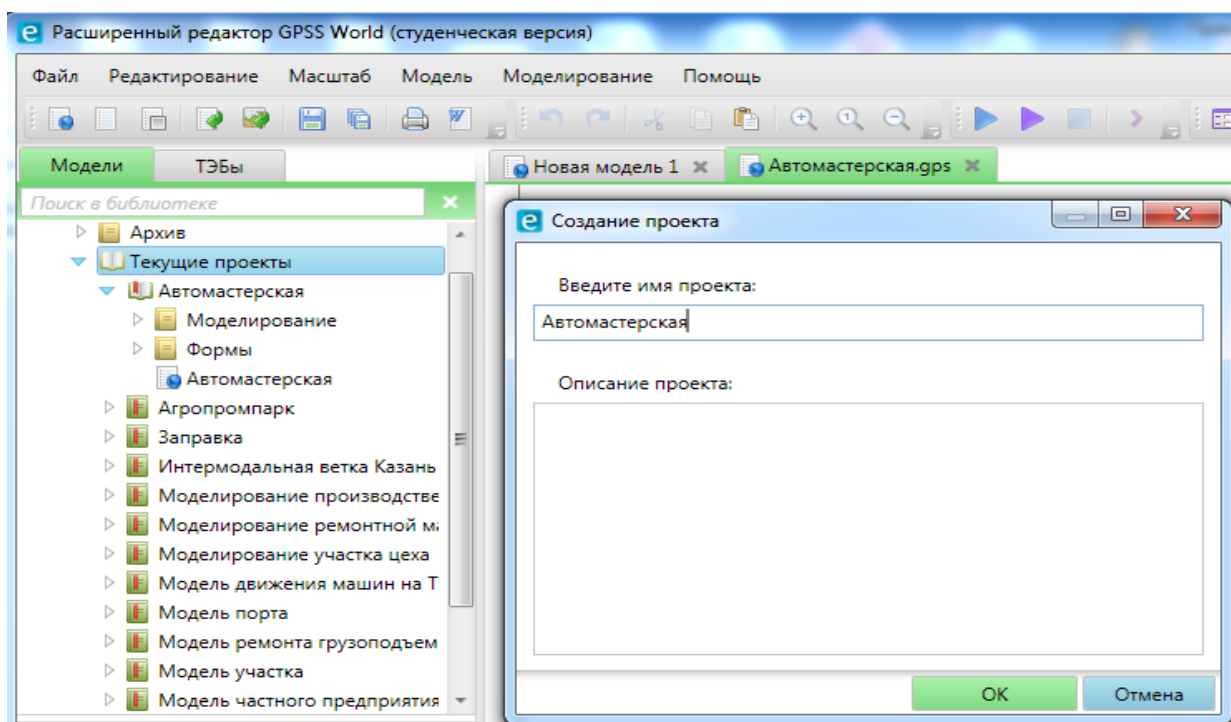


Рис.4.34. Редактор GPSSWorld

Создадим новую схему и сохраним ее в папке «Моделирование» проекта «Автомастерская»

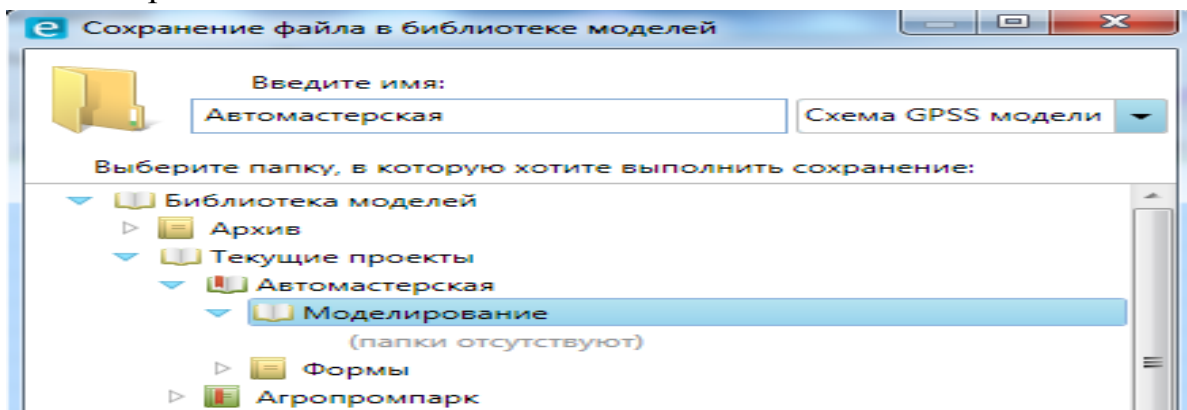


Рис.4.35.

В схеме «Автомастерская» создадим несколько блоков - ТЭБов (рис.4.36).

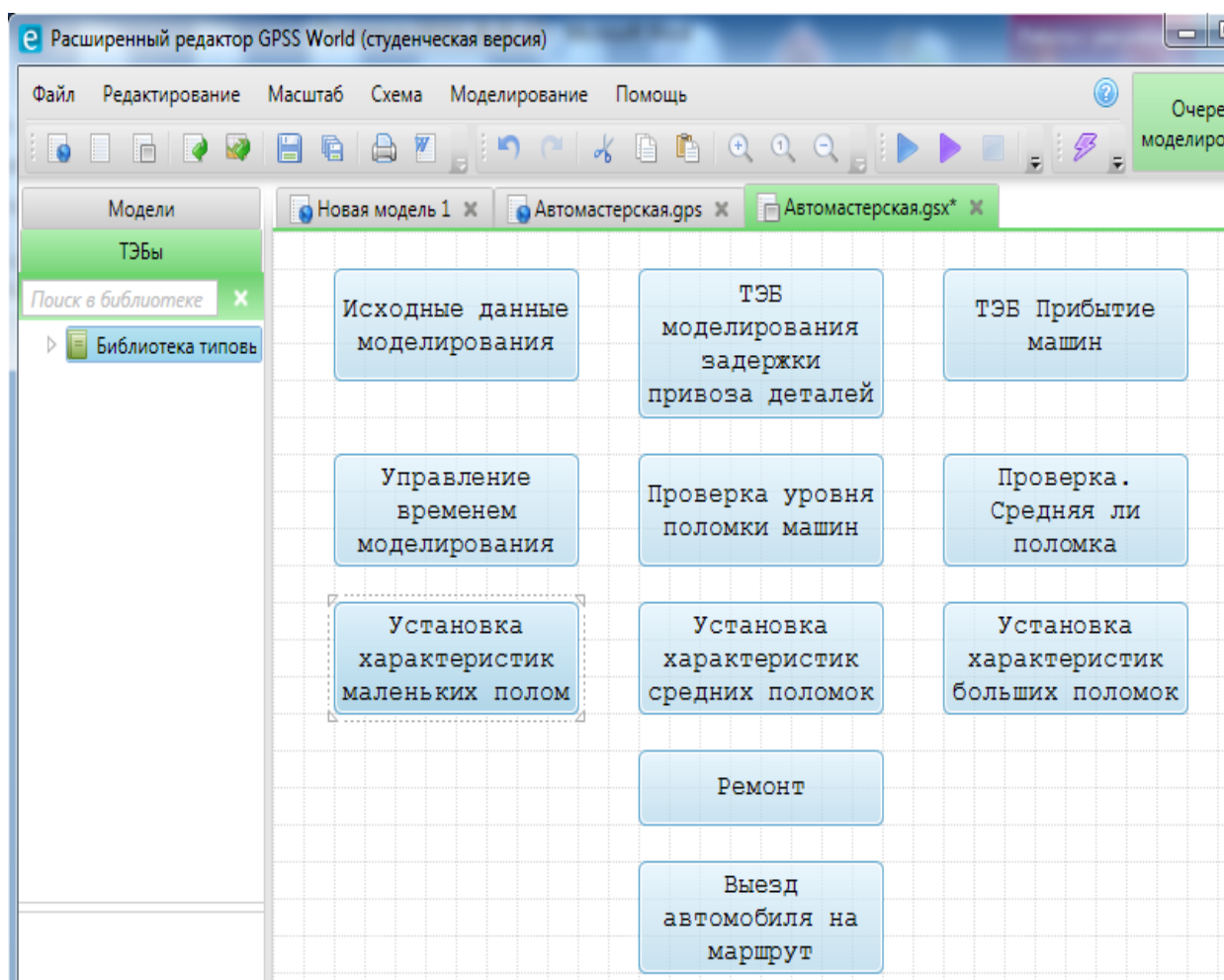


Рис.4.36 Блоки ремонтной мастерской автопарка

Создадим первый ТЭБ «Блок, где описываются данные». Заполним для него данные. Двойным щелчком левой кнопки мыши открываем Данные ТЭБа «Блок, где описываются данные» (рис.4.37):

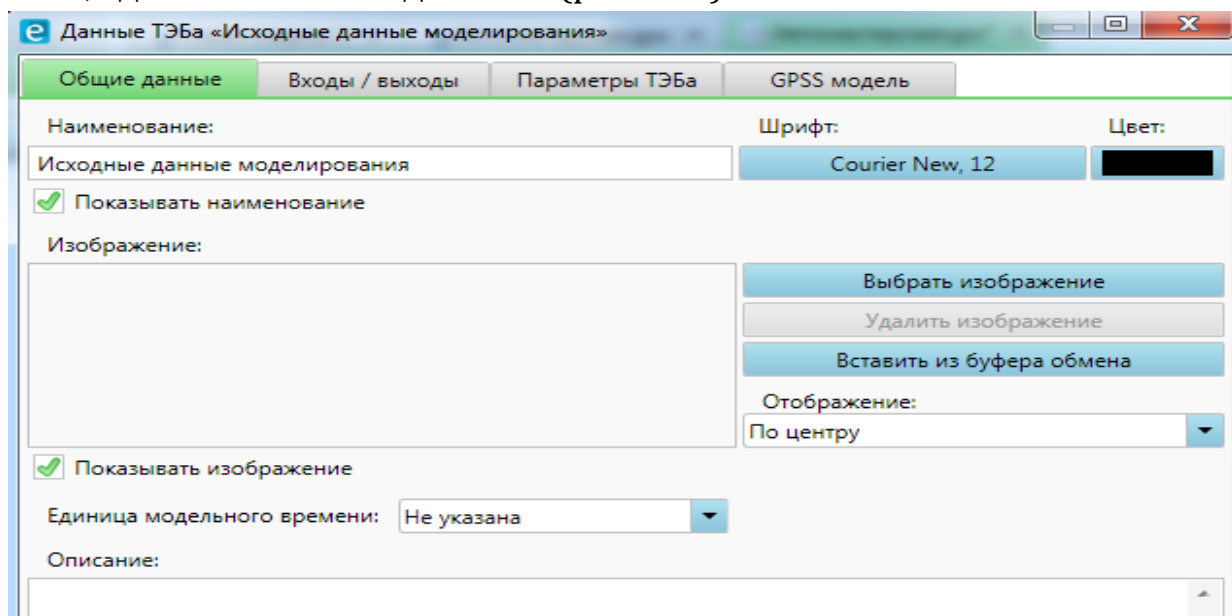


Рис.4.37. Блок описания данных

Заполняем общие параметры, как показано на рис.4.37. Затем переходим во вкладку **ВХОДЫ/ВЫХОДЫ** и выбираем ориентацию клемм элемента слева направо (рис.4.38):

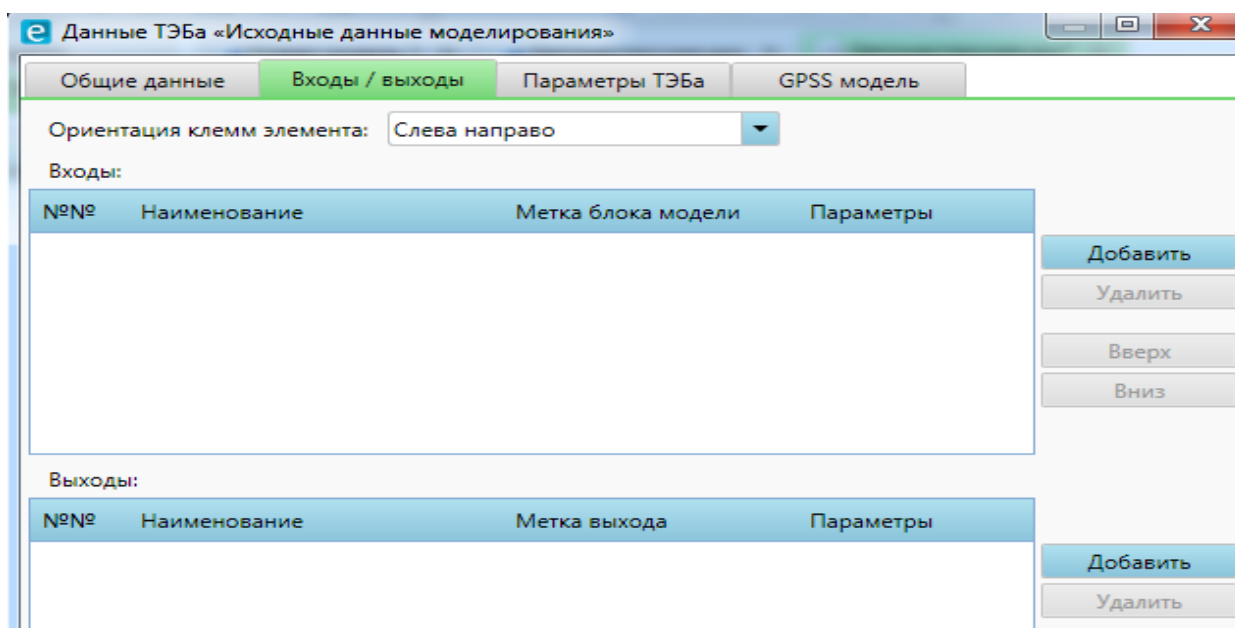


Рис.4.38. Входы/выходы

Пропускаем параметры ТЭБа. Переходим во вкладку модель GPSS, прописываем код для блока (см. рис.4.39 и приложение 11):

```

Общие данные | Входы / выходы | Параметры ТЭБа | GPSS модель

* ТЭБ «Сегмент описания данных»

* Операторы модели
Repair1 EQU 1
Repair2 EQU 2
Repair3 EQU 3
Tide EQU 1
DTsmall EQU 1
DTmedium EQU 2
DTlarge EQU 3
INITIAL x$gen_time,26

*-----Логические переменные-----
Var1 BVARIABLE (R$Repair2'GE'1+R$Repair3'GE'1)#Q3'E'0
Var2 BVARIABLE R$Repair2'GE'1
Var3 BVARIABLE R$Repair3'GE'1
Var4 BVARIABLE SE$Repair1
Var5 BVARIABLE (R$Repair2'GE'2+R$Repair3'GE'2)#Q3'E'0
Var6 BVARIABLE R$Repair2'GE'2
Var7 BVARIABLE R$Repair3'GE'2
Var8 BVARIABLE SE$Repair3#LS1
Var9 BVARIABLE SE$Repair2#LS1

*-----Размер рабочих мест-----
Repair1 STORAGE 2
Repair2 STORAGE 4
Repair3 STORAGE 4

*-----Определения Таблиц-----
DTsmall TABLE M1,30,10,20 ;Время прибытия автомобилей с маленькими п
DTmedium TABLE M1,30,10,20 ;Время прибытия автомобилей с средними пол
DTlarge TABLE M1,30,10,20 ;Время прибытия автомобилей с большими пол

TERMINATE

```

Рис.4.39 Код блока

1. Создадим второй ТЭБ «Управление временем моделирования» по аналогии (рис.4.40):

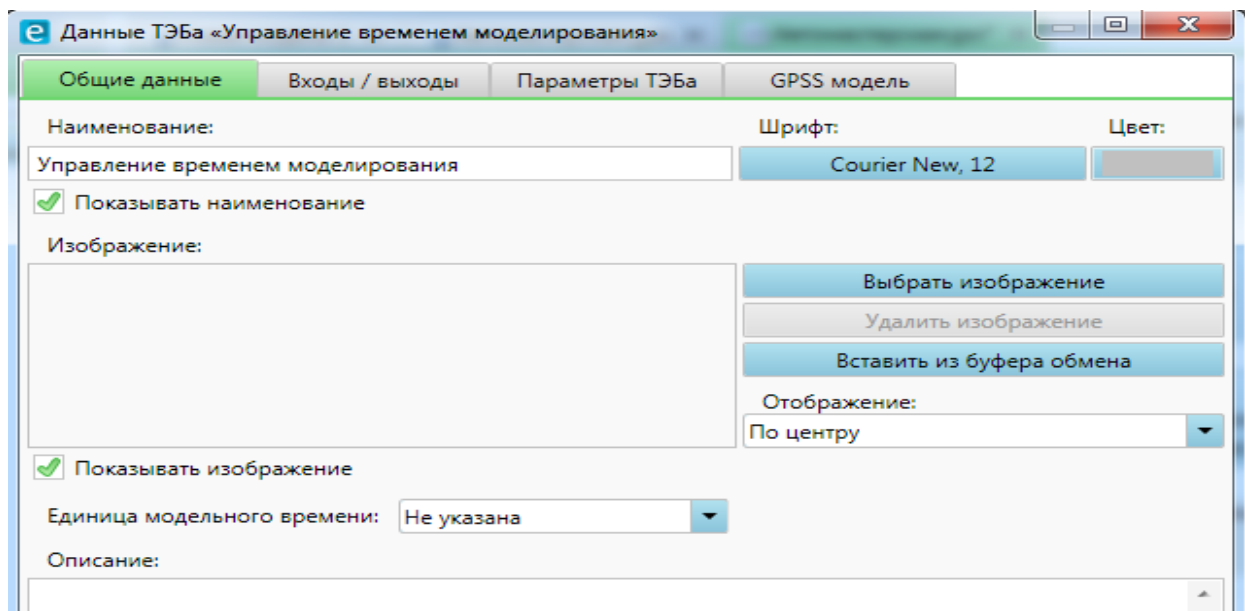


Рис.4.40. Блок управления временем

Во вкладке GPSS пишем код для данного блока (рис.4.41) :

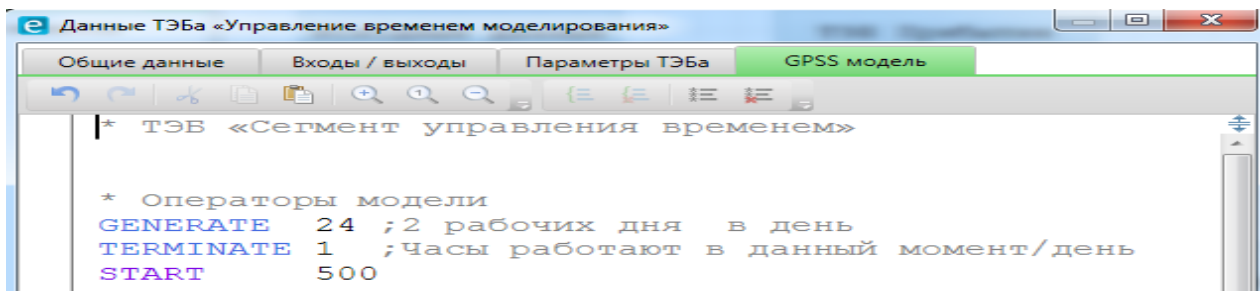


Рис.4.41. Код блока

Третий блок «ТЭБ моделирования задержки привоза деталей» (рис.4.42):

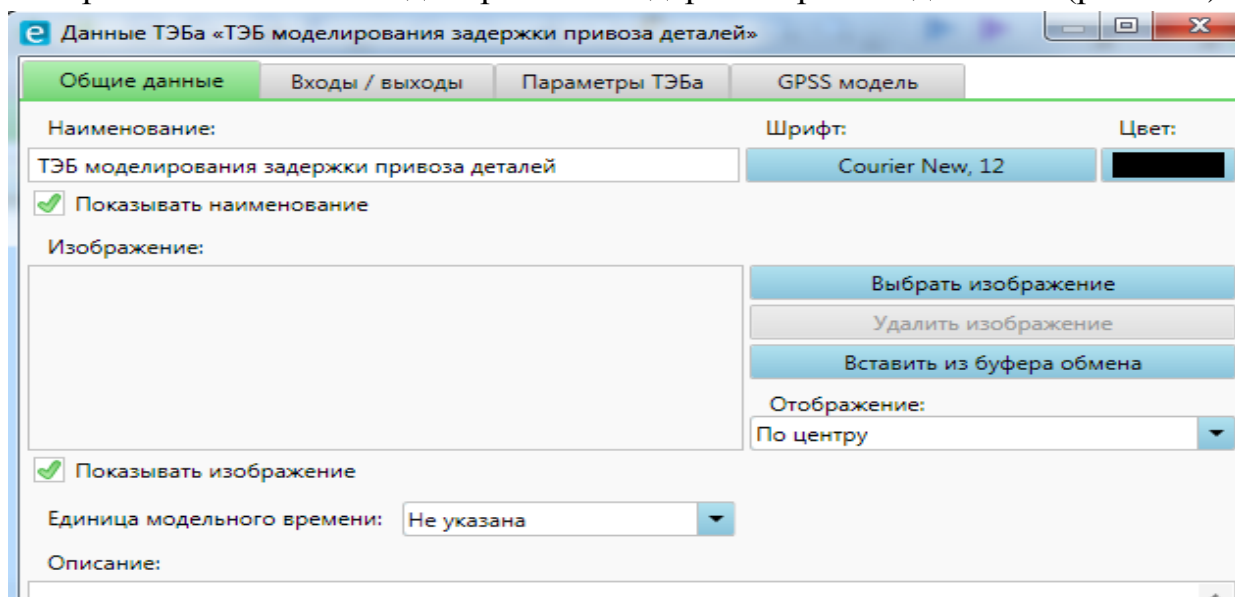


Рис.4.42.ТЭБ моделирования задержки привоза деталей

Код показан на рис.4.43:

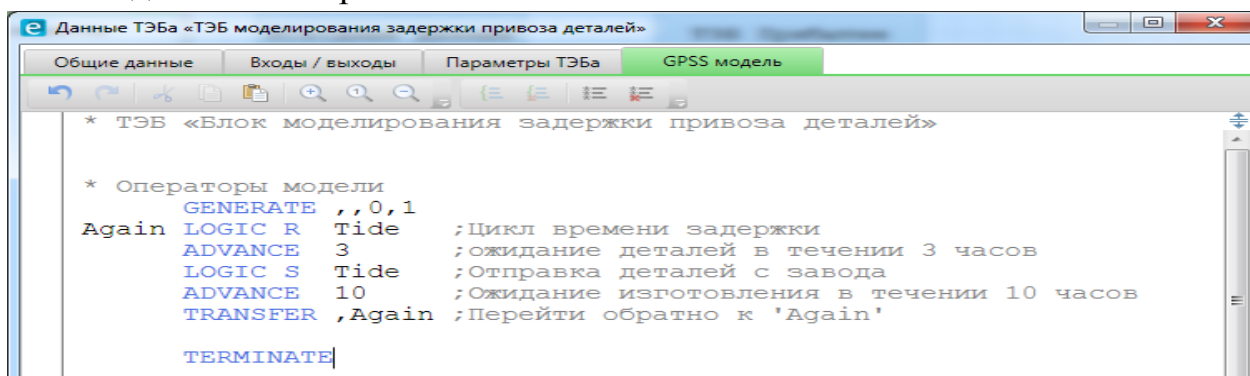


Рис.4.43. Код блока

4. На следующем шаге создадим блоки поменьше по аналогии.

1-й «Прибытие Машин». Двойным щелчком открываем окно редактора данных ТЭБа. Сразу переходим во вкладку **входы/выходы** и меняем ориентацию клемм элемента на «сверху вниз» (рис.4.44):

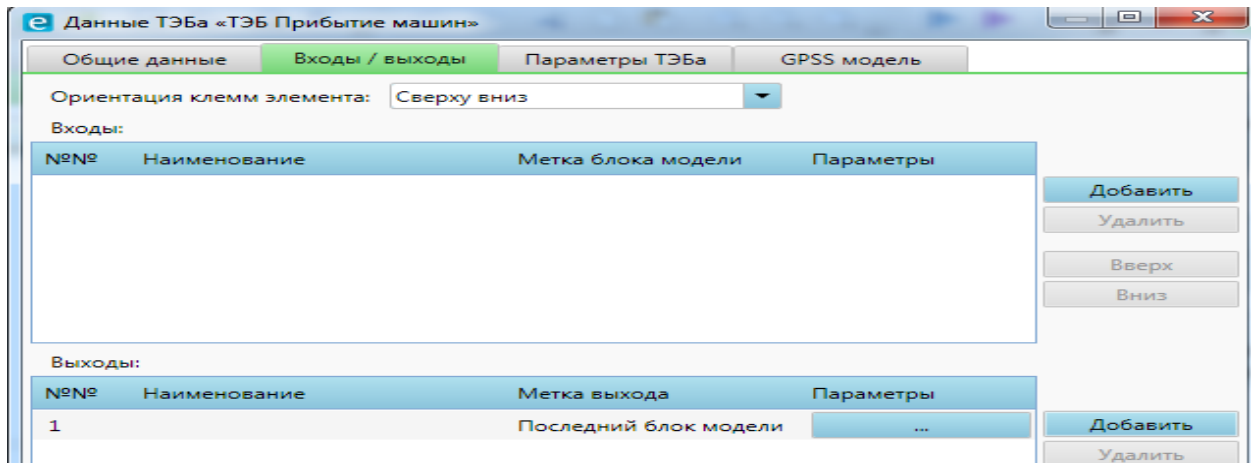


Рис.4.44 Входы/выходы

Далее во вкладке GPSS модель пишем код (рис.4.45)

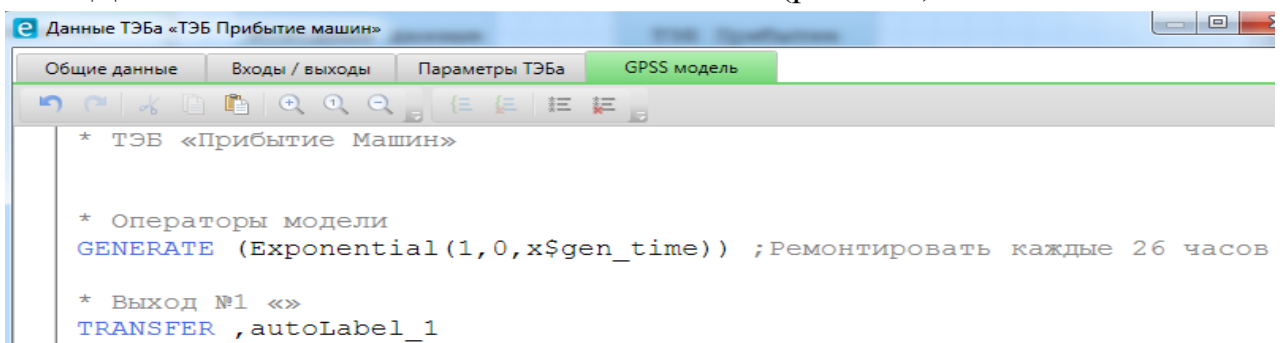


Рис.4.45. Код блока

Следующий блок ниже «Проверка уровня поломки». Прodelываем для него то же самое, что и для предыдущего блока. Во вкладке **Входы/выходы** добавляем входы, нажав кнопку **Добавить**, далее выбираем **Первый блок модели**. Таким же образом добавляем два выхода: **small_breaking** и **Inter**(рис.4.46):

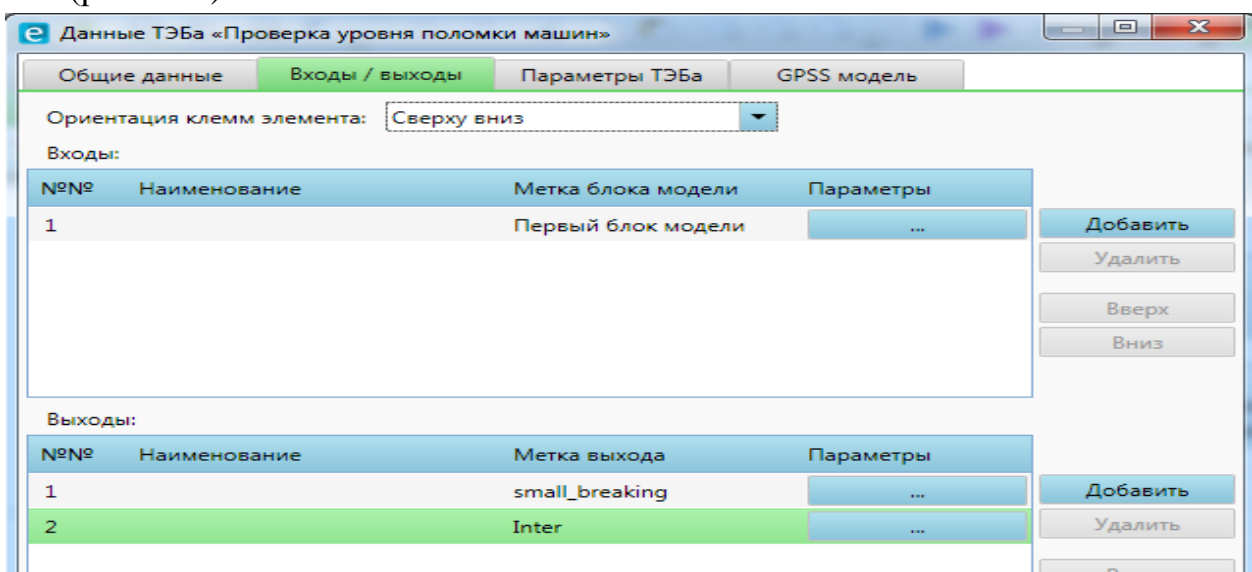


Рис.4.46. Входы/выходы

Пишем код, как показано на рис.4.47:

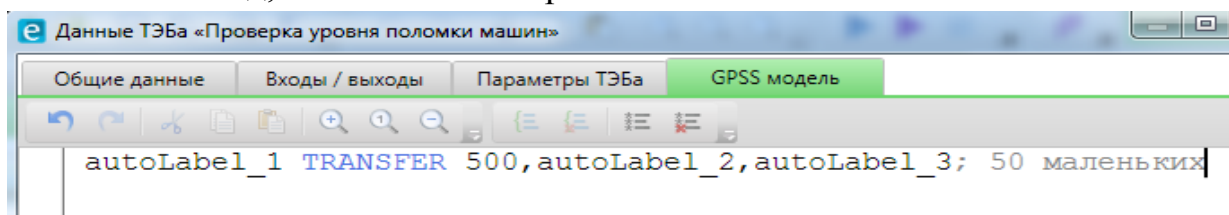


Рис.4.47 Код блока

От блока «Проверка уровня поломки» проведем две стрелки. Под первой создаем блок «Установка характеристик маленьких поломок», добавим входы и выходы (рис.4.48):

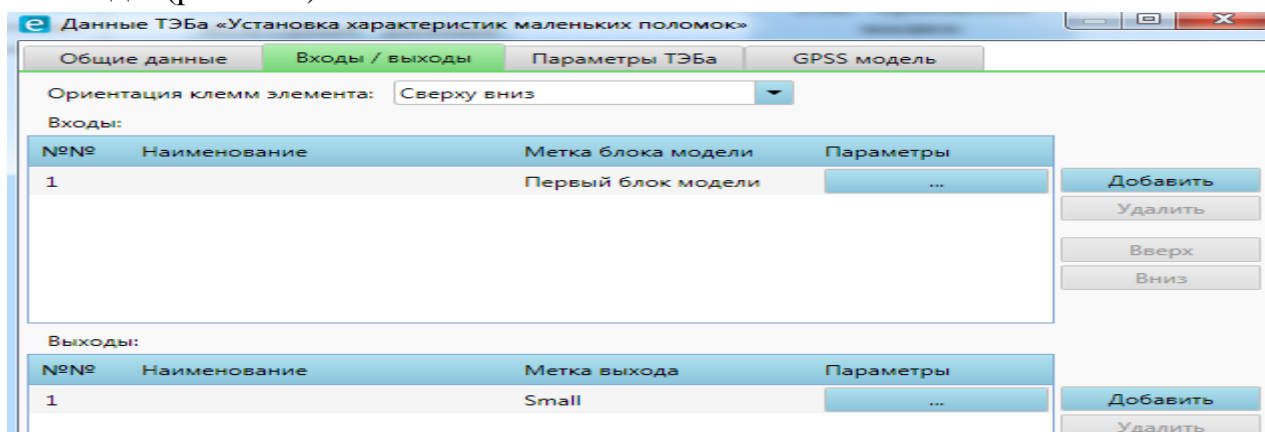


Рис.4.48 Входы/выходы

Пропишем код (рис.4.49)

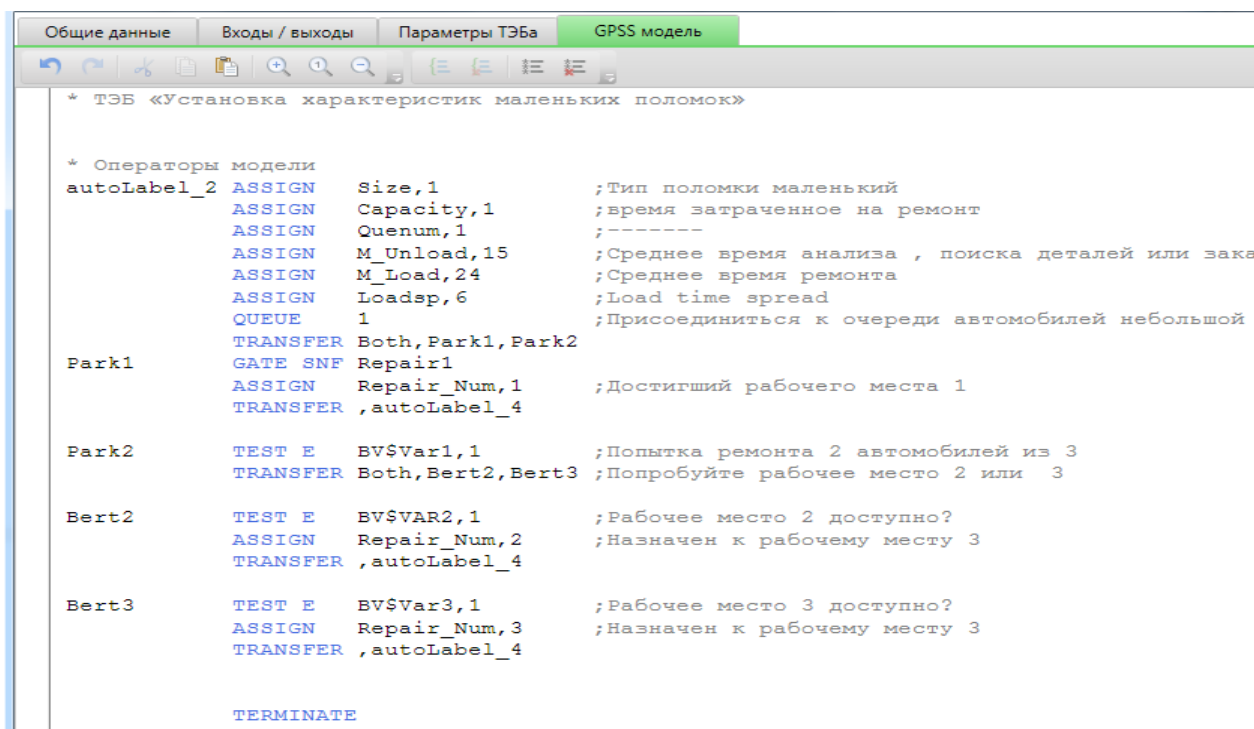


Рис.4.49. Код блока

Под второй стрелкой создаем блок «Проверка. Средняя ли поломка». Добавляем следующие входы, выходы (рис.4.50):

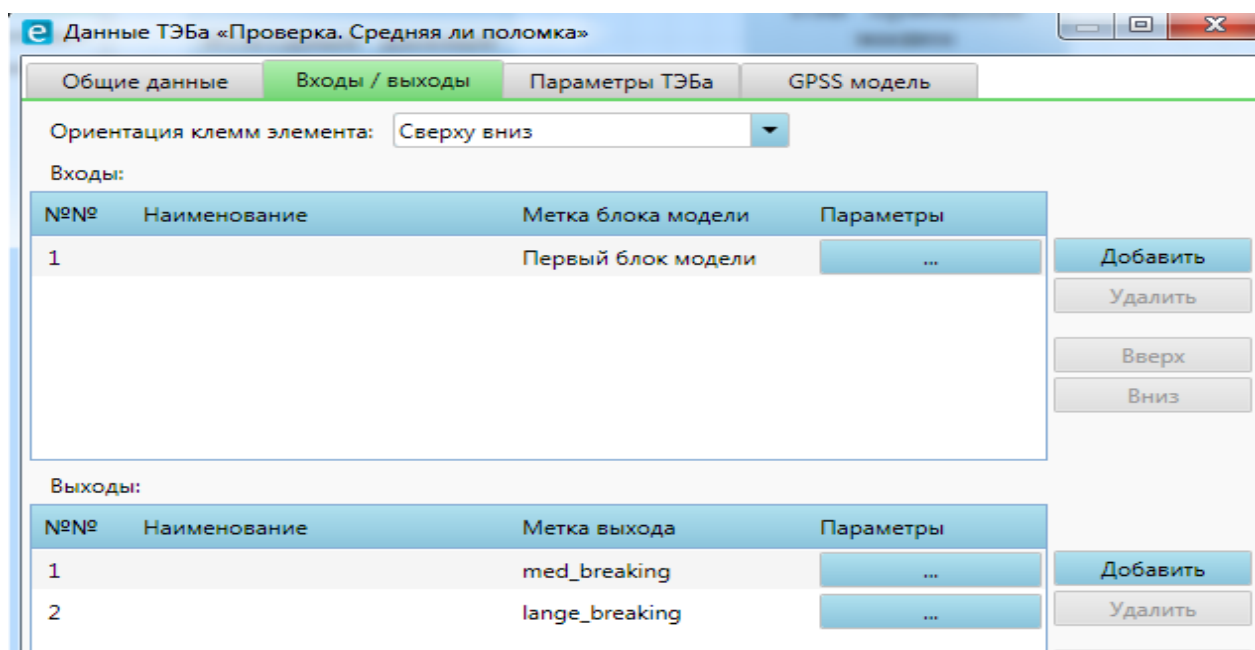


Рис.4.50. Входы выходы

Пишем код (рис.4.51):

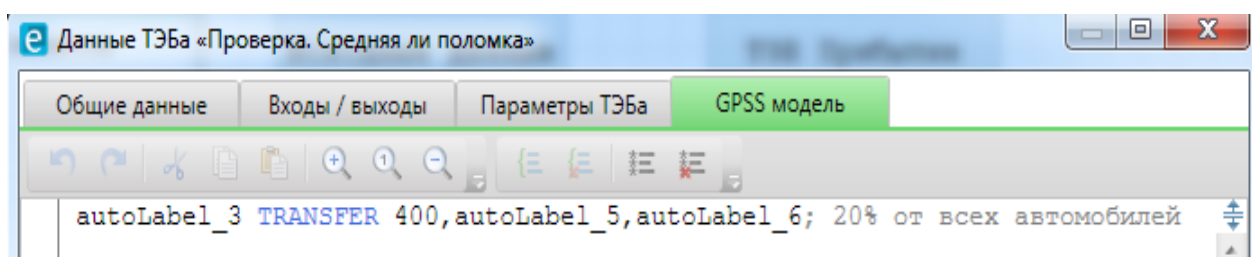


Рис.4.51. Код блока

Соединяя блоки, получим следующую схему работы автомастерской таксопарка (рис.4.52)

5. Получаем схему:

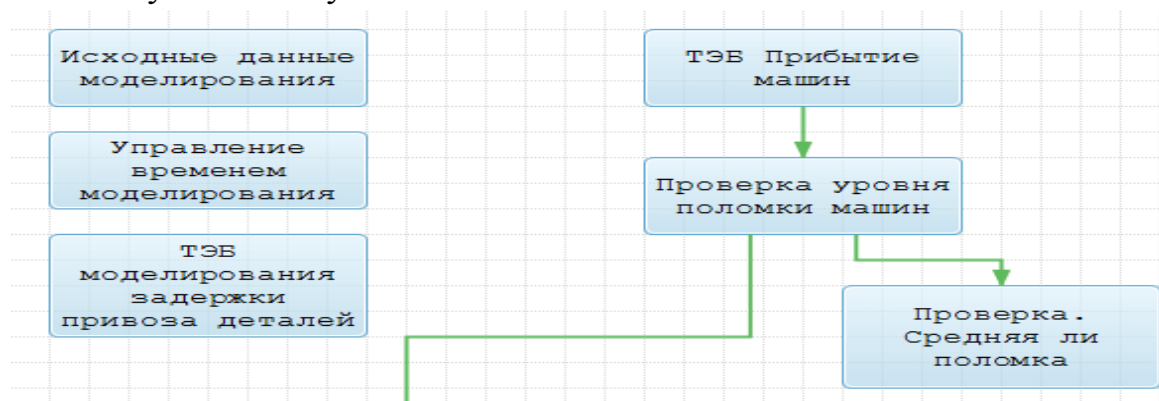


Рис.4.52. Блок-схема модели

6. По аналогии добавим еще несколько блоков и расположим их как показано на (рис.4.53):

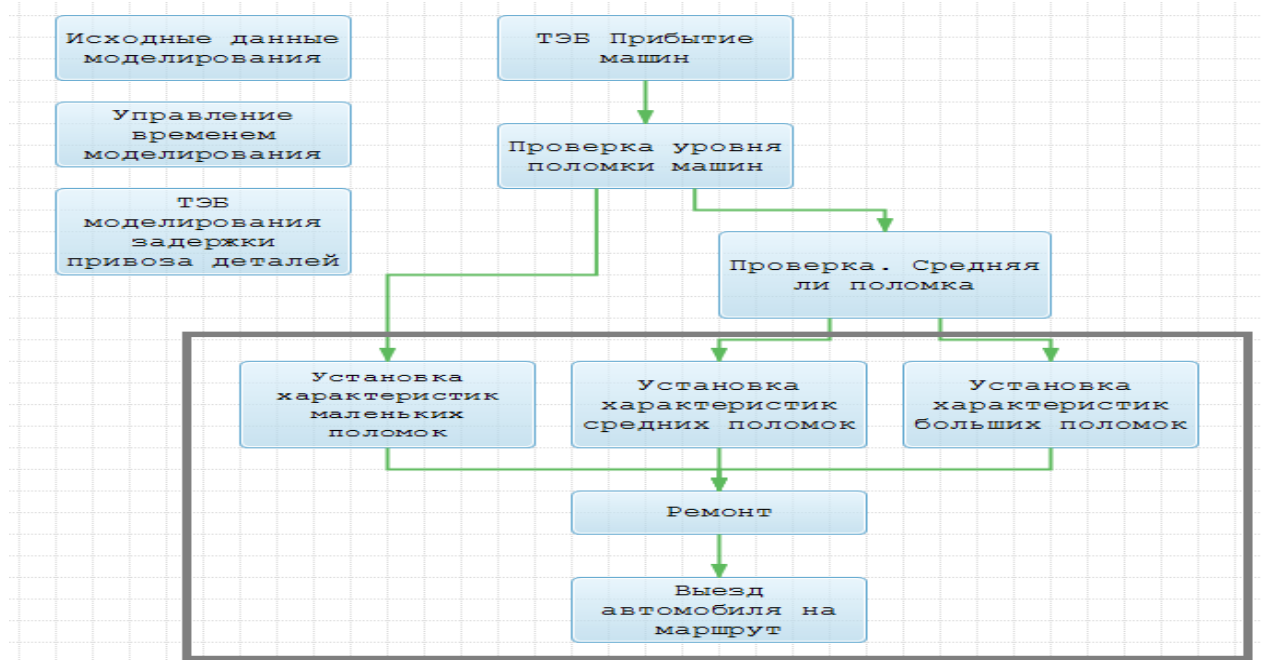


Рис.4.53. Новые блоки

Настройка для блока «Ремонт» (рис.4.54):

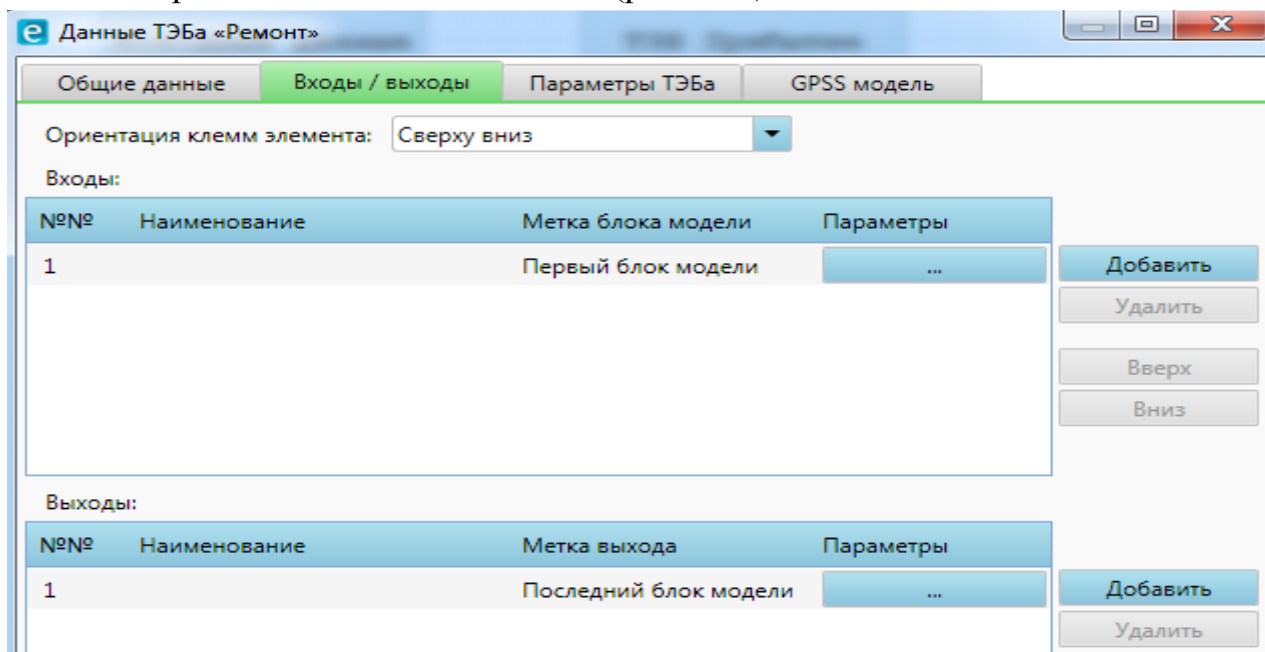


Рис.4.54. Входы/выходы

Пишем код во вкладке «GPSS модель» как в рис.4.55:

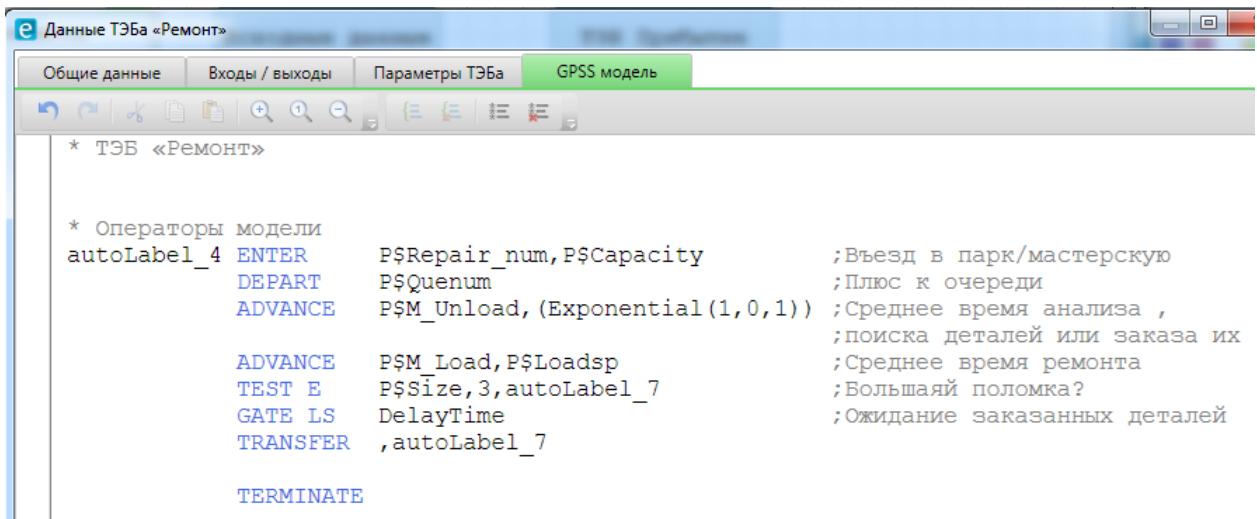


Рис.4.55. Код блока

Настройка для блока «Выезд автомобиля на маршрут»:

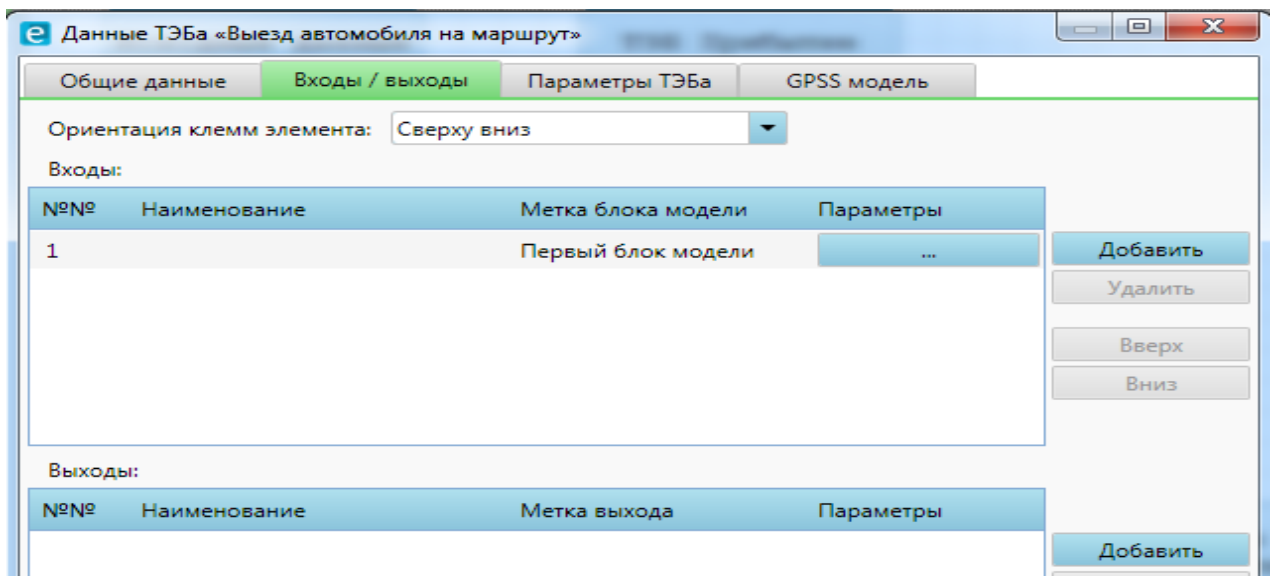


Рис.4.56. Входы/выходы

Пропишем код во вкладку «GPSS модель» (рис.4.57):

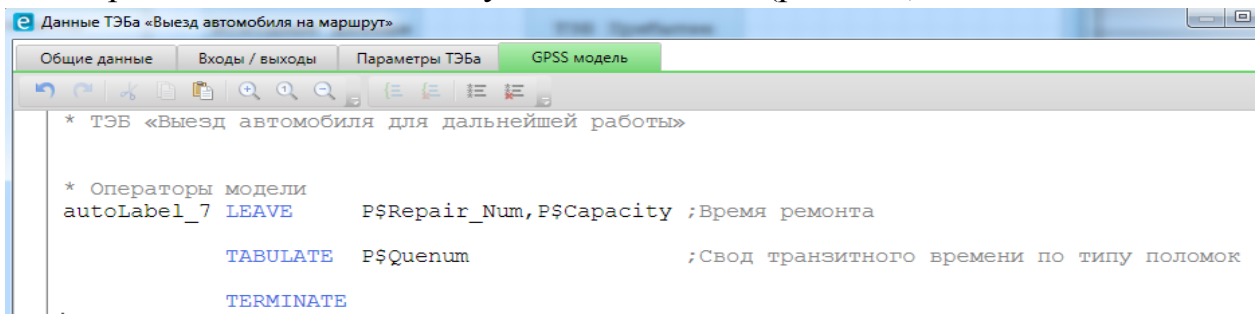


Рис.4.57. Код блока

Настройка блока «Установка характеристик средних поломок» (рис.4.58, 4.59):

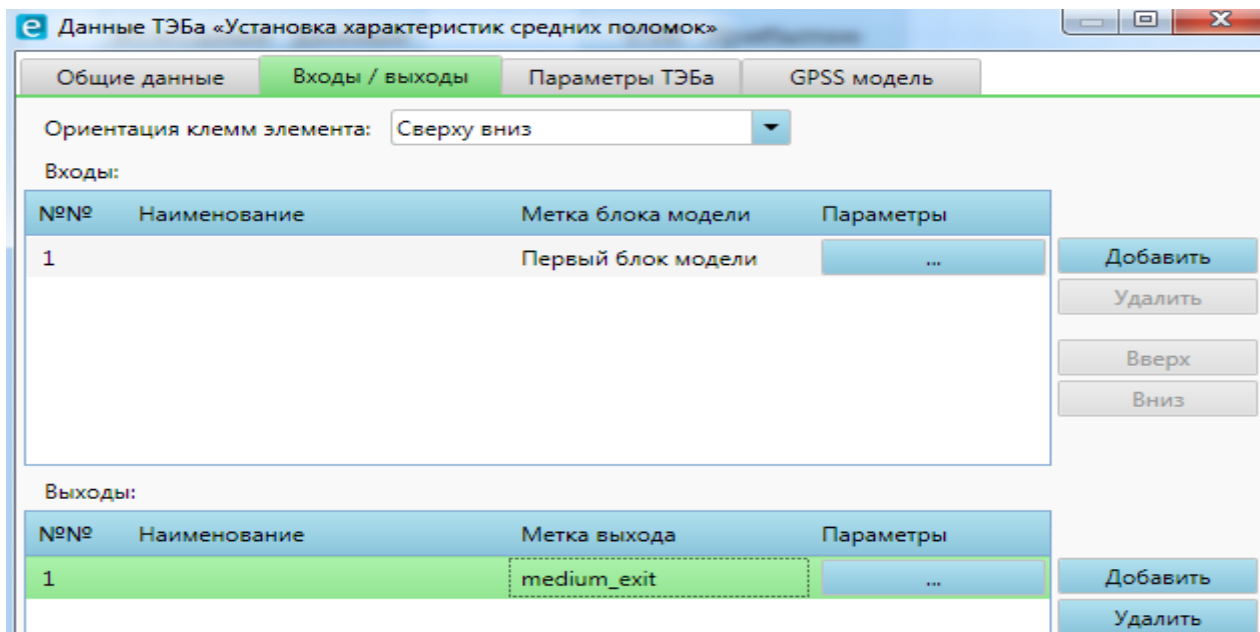


Рис.4.58. Входы/выходы

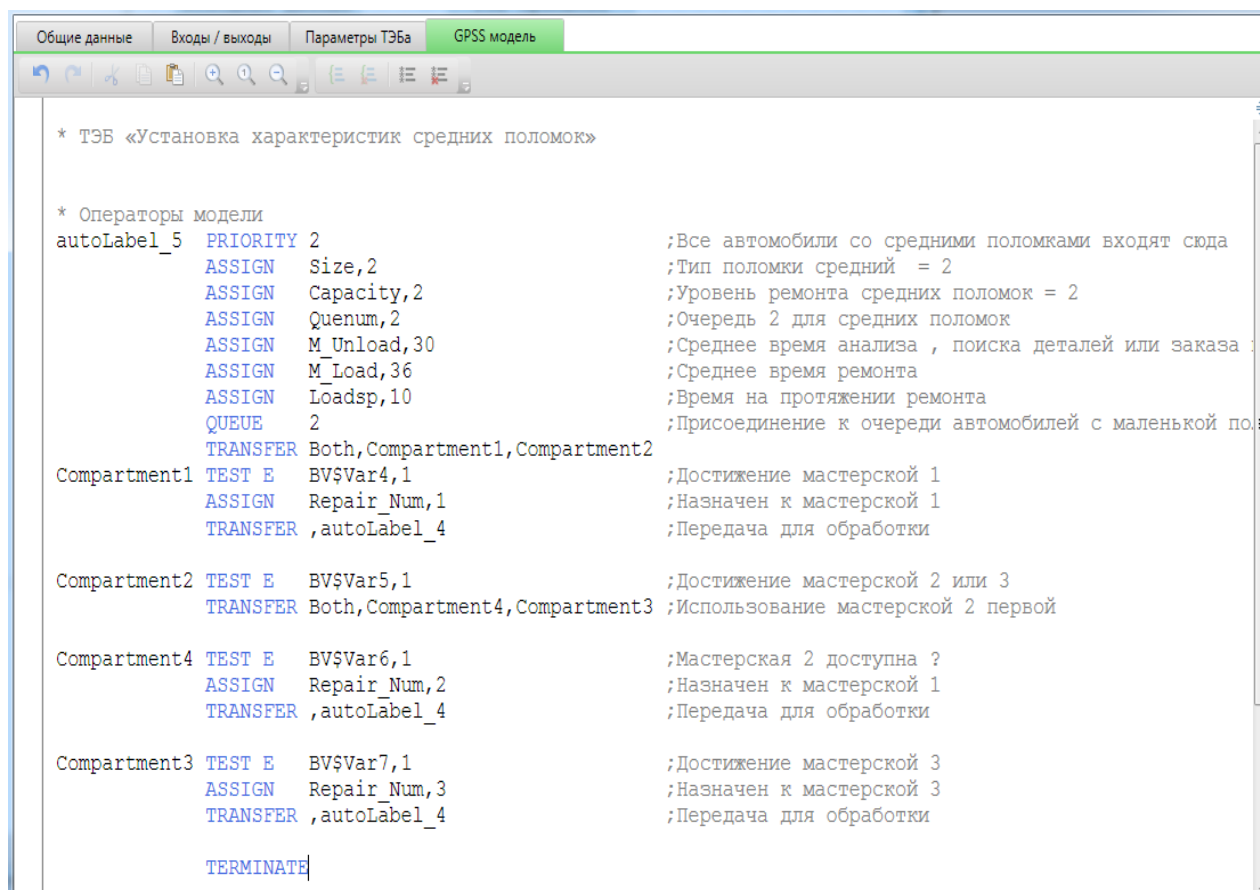


Рис.4.59. Код блока

Настройка для блока «Установка характеристик больших поломок» (рис. 4.60, 4.61):

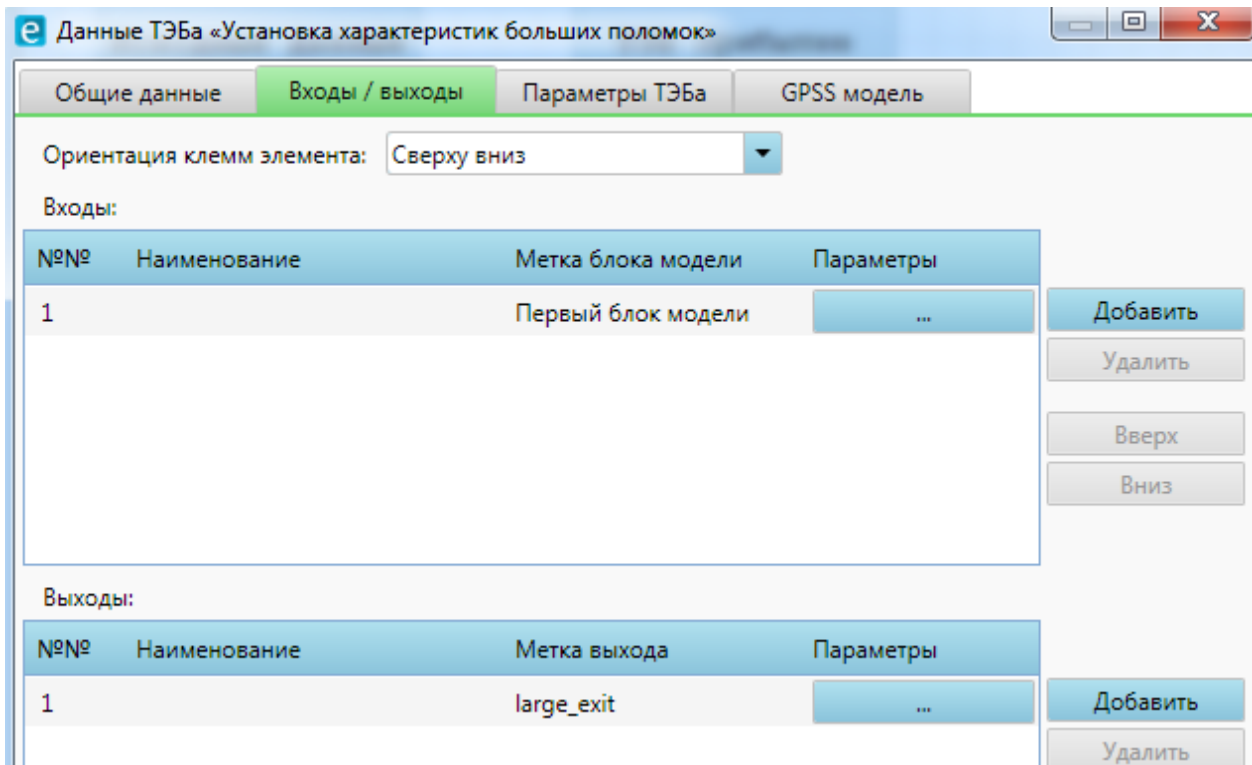


Рис.4.60. Входы/выходы

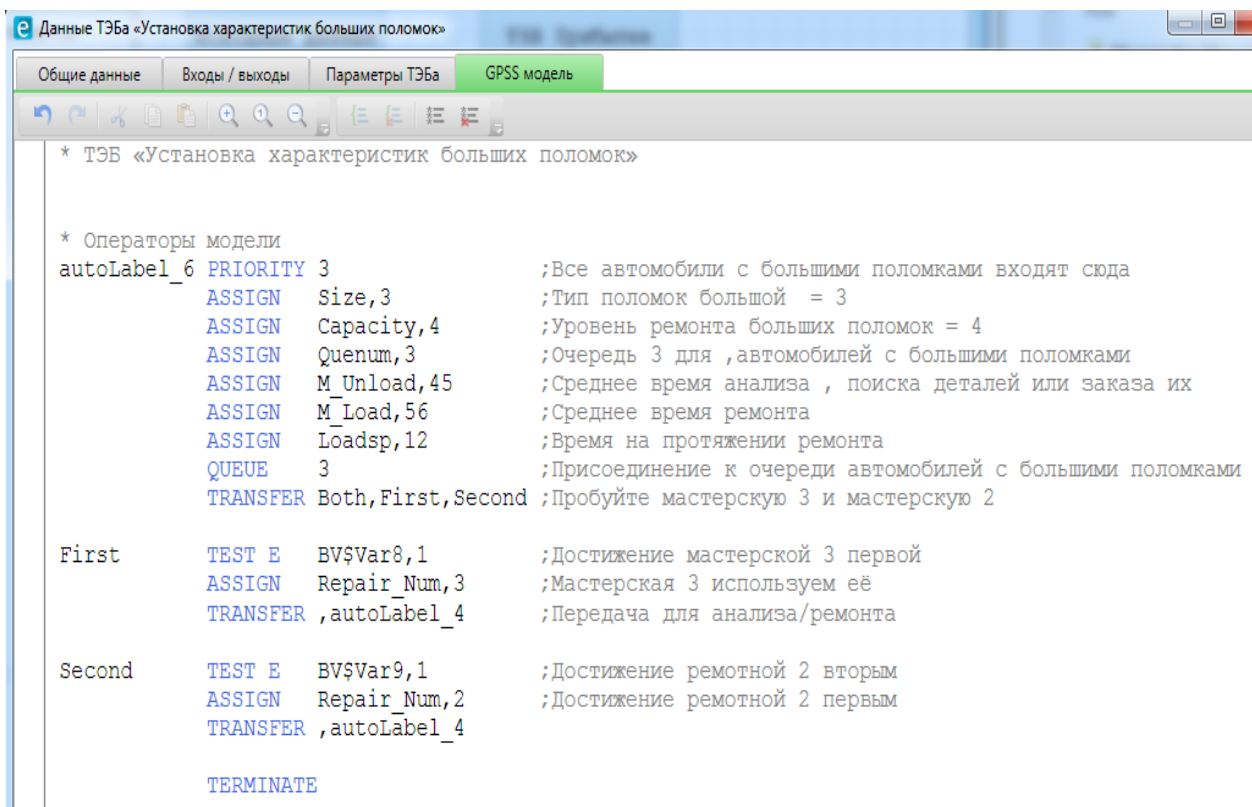


Рис.4.61. Код ТЭБа

В конечном итоге должна получиться схема (рис.4.62):

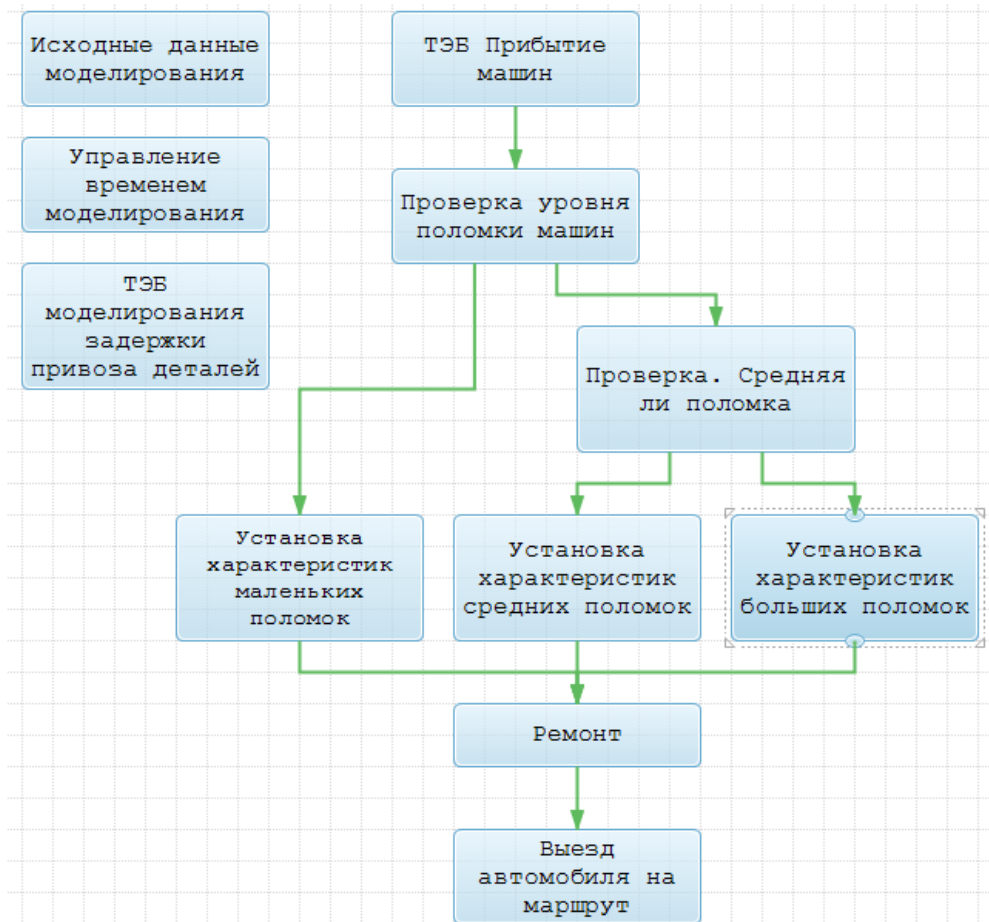


Рис.4.62. Конечная блок-схема

Проведем моделирование. Для этого на верхней панели нажимаем кнопку «Начать моделирование, F5». У нас должен появиться журнал «Таксопарк законченный» (рис.4.63):

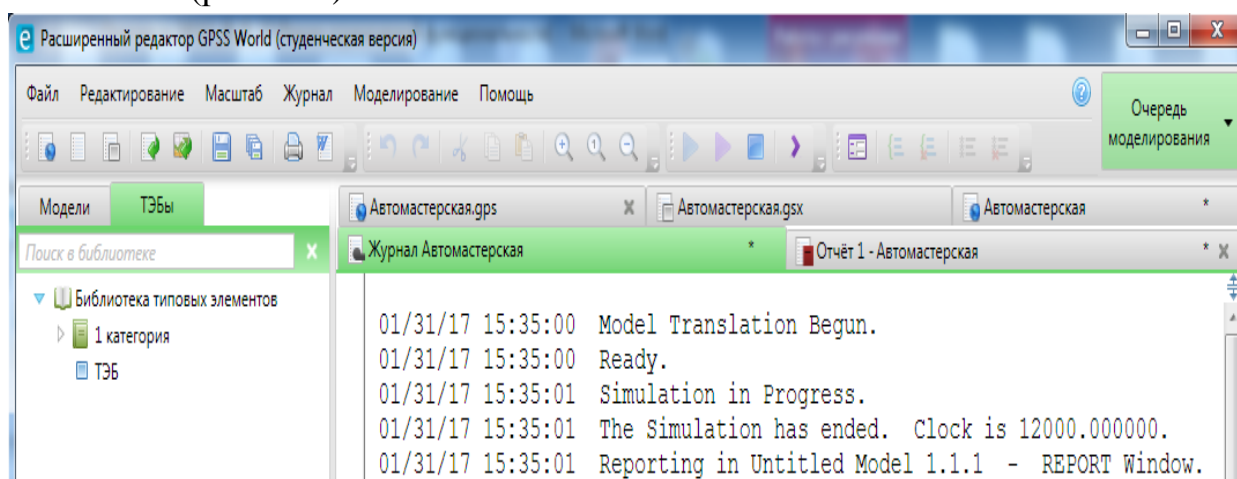


Рис.4.63. Журнал моделирования

Отчет Таксопарк, где мы можем посмотреть общую информацию о модели (рис.4.64):

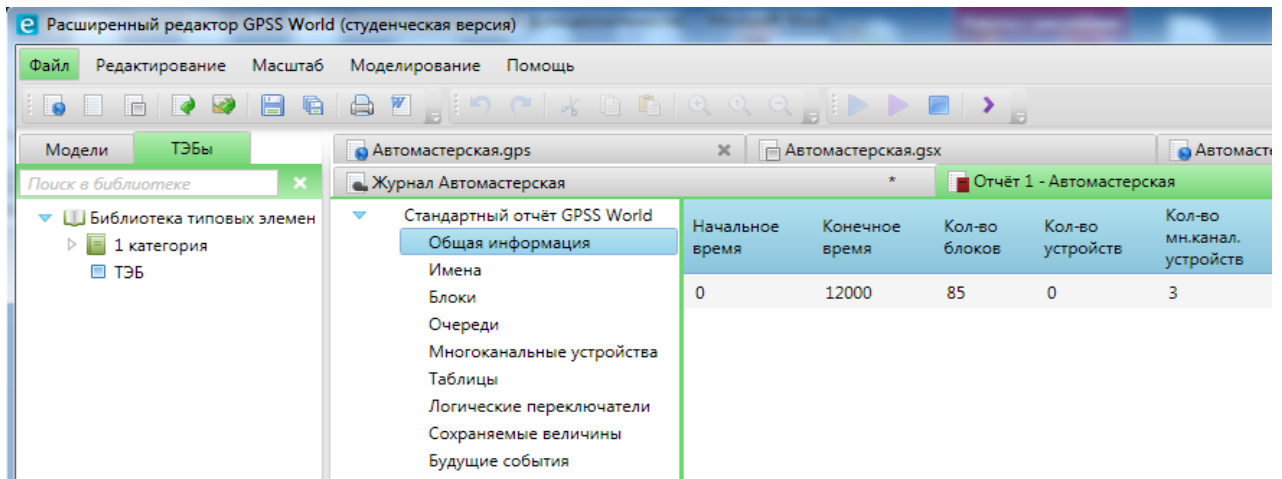


Рис.4.64. Отчет моделирования

На (рис.4.65) указаны имена:

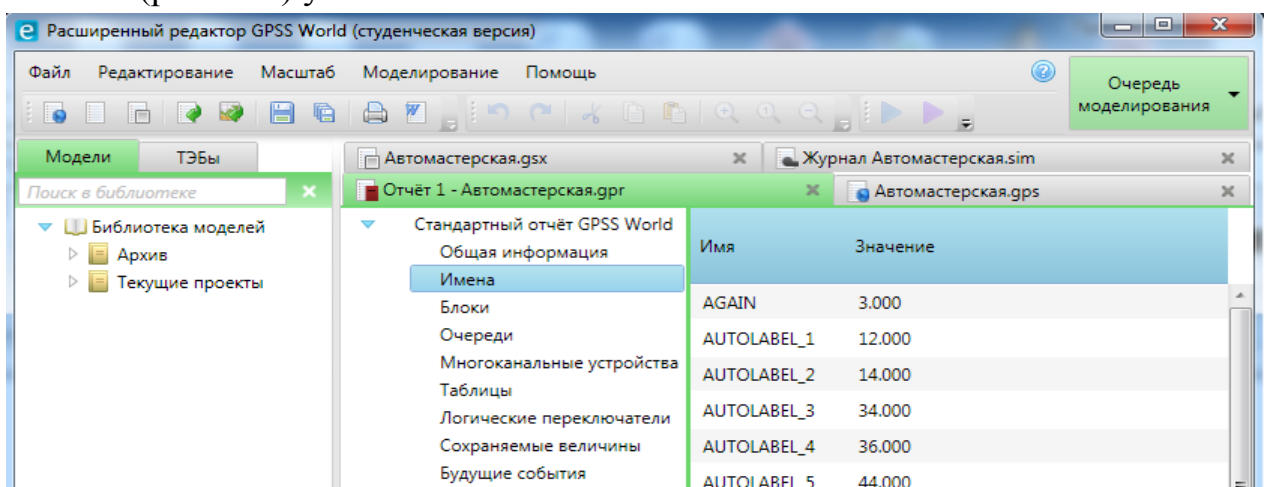


Рис.4.65. Имена

Блоки (рис.4.66):

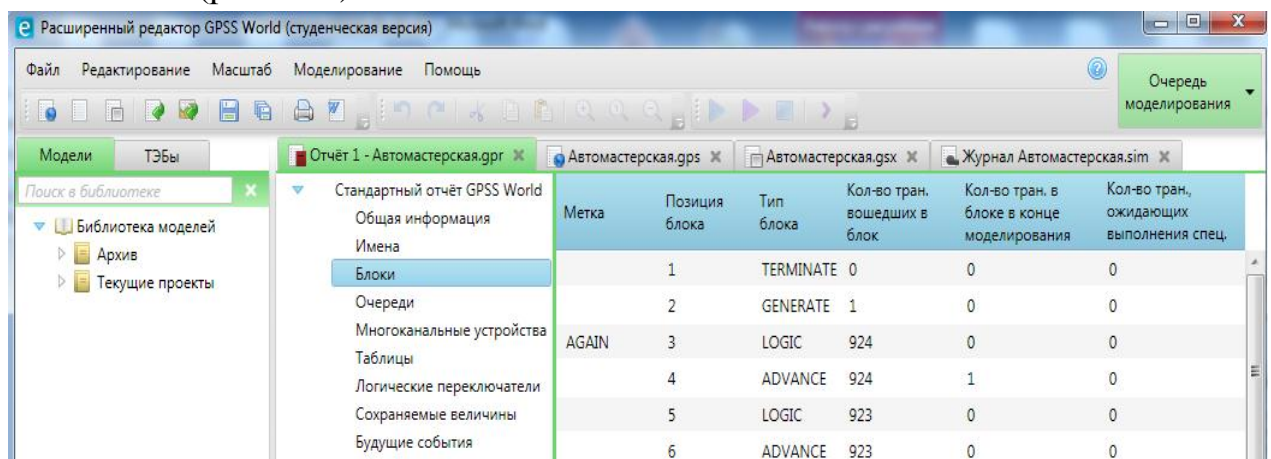


Рис.4.66. Блоки

Очереди (рис.4.67):

Расширенный редактор GPSS World (студенческая версия)

Файл Редактирование Масштаб Моделирование Помощь

Очередь моделирования

Модели ТЭБы

Отчёт 1 - Автомастерская.gpr x Автомастерская.gps x Автомастерская.gsx x Журнал Автомастерская.sim x

Поиск в библиотеке x

- Библиотека моделей
 - Архив
 - Текущие проекты

Стандартный отчёт GPSS World

- Общая информация
- Имена
- Блоки
- Очереди
- Многоканальные устройства
- Таблицы

Имя / номер	Макс. содержимое очереди за	Текущее содержимое очереди	Общее кол-во входов	Общее кол-во входов тран. в очередь с	Ср. значение содержимого очереди	Ср. время пребывания одного	Ср. время пребывания транзакта в
1	94	93	253	160	45.778	2171.283	5906.823
2	83	83	130	47	36.65	3383.037	5298.733
3	87	87	89	2	37.459	5050.607	5166.712

Рис.4.67. Очереди

Многоканальные устройства (рис.4.68):

Расширенный редактор GPSS World (студенческая версия)

Файл Редактирование Масштаб Моделирование Помощь

Очередь моделирования

Модели ТЭБы

Отчёт 1 - Автомастерская.gpr x Автомастерская.gps x Автомастерская.gsx x Журнал Автомастерская.sim x

Поиск в библиотеке x

- Библиотека моделей
 - Архив
 - Текущие проекты

Стандартный отчёт GPSS World

- Общая информация
- Имена
- Блоки
- Очереди
- Многоканальные устройства
- Таблицы

Имя / номер	Емкость памяти	Число свободных единиц памяти	Мин. число единиц памяти	Макс. число единиц памяти	Кол-во входов в память	Состояние памяти в конце
REPAIR1	2	1	0	2	254	1
REPAIR2	4	0	0	4	4	1
REPAIR3	4	0	0	4	4	1

Рис.4.69. Многоканальные устройства

Таблицы (рис.4.70):

Расширенный редактор GPSS World (студенческая версия)

Файл Редактирование Масштаб Моделирование Помощь

Очередь моделирования

Модели ТЭБы

Отчёт 1 - Автомастерская.gpr x Автомастерская.gps x Автомастерская.gsx x Журнал Автомастерская.sim x

Поиск в библиотеке x

- Библиотека моделей
 - Архив
 - Текущие проекты

Стандартный отчёт GPSS World

- Общая информация
- Имена
- Блоки
- Очереди
- Многоканальные устройства
- Таблицы
- Логические переключатели
- Сохраняемые величины

Имя / номер	Средневзвешенное значение аргумента	Среднеквадратическое отклонение	Нижний предел частотного класса	Верхний предел частотного класса
DTSMAL	38.569	3.525	30	40
DTSMAL	38.569	3.525	40	50
DTMEDIUM	65.734	5.812	50	60
DTMEDIUM	65.734	5.812	60	70
DTMEDIUM	65.734	5.812	70	80

Рис.4.70. Таблицы

Логические переключатели (рис.4.71):

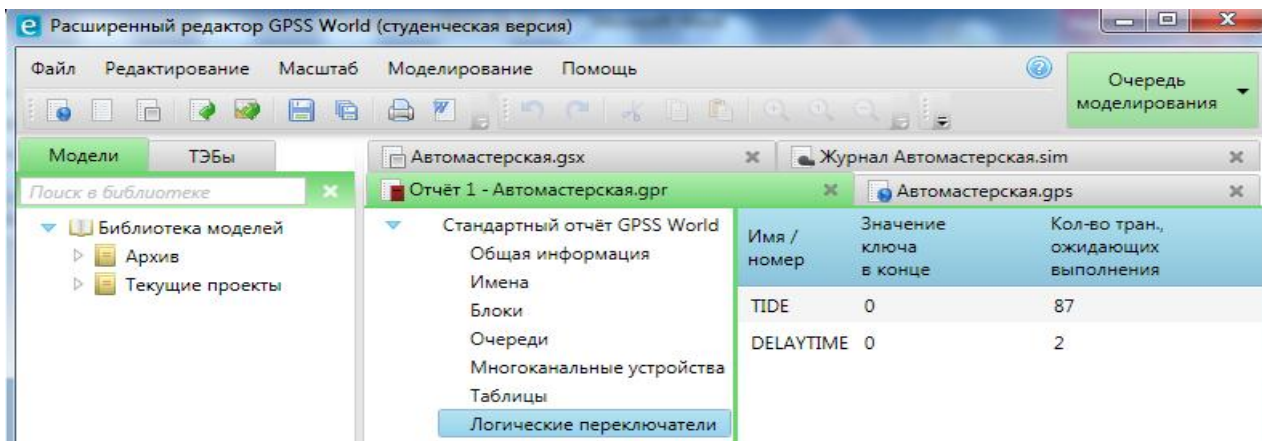


Рис.4.71 Логические переключатели

Сохраняемые величины (рис.4.72):

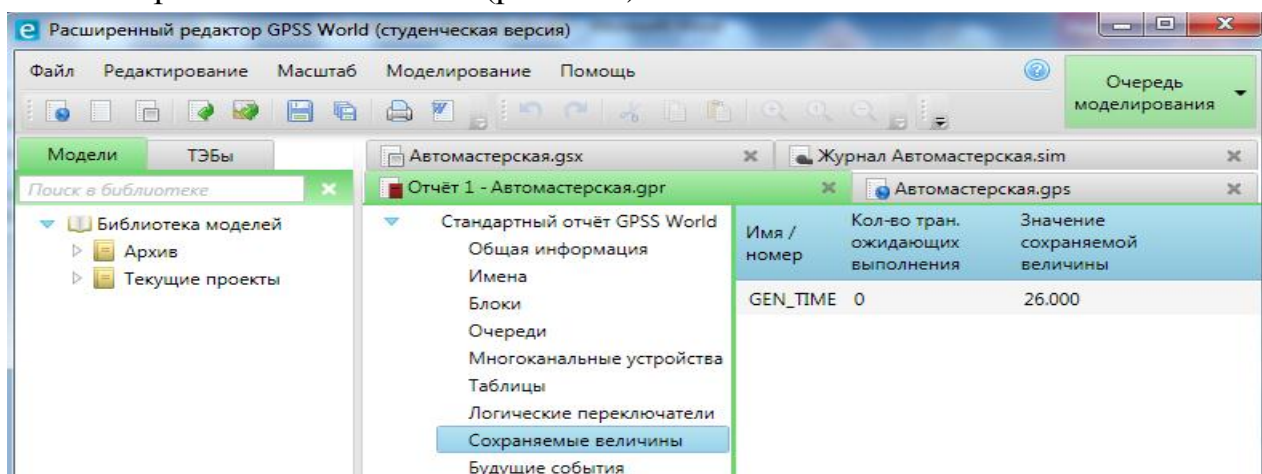


Рис.4.72. Сохраняемые величины

Будущие события (рис.4.73):

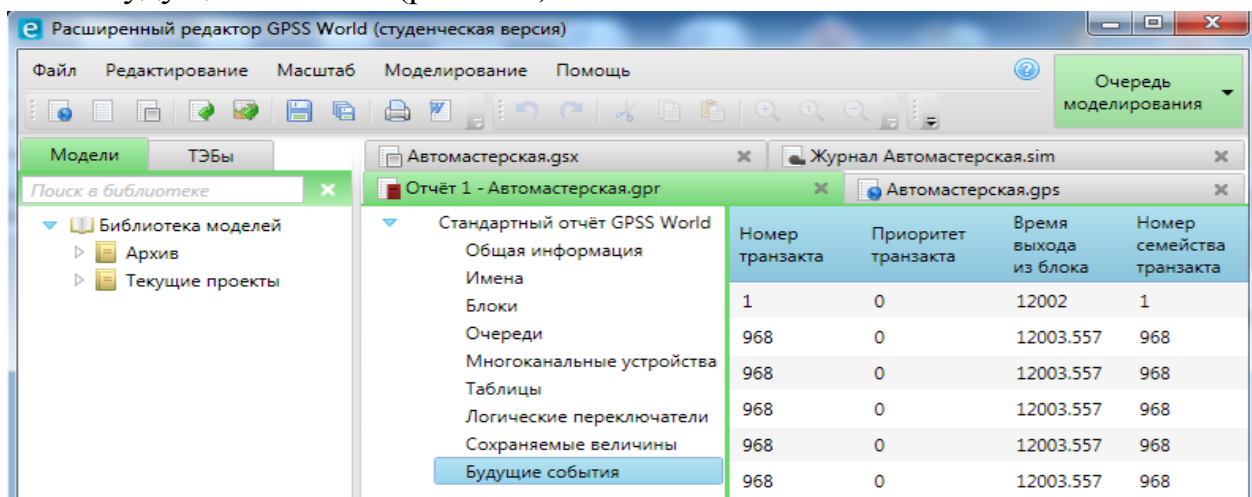


Рис.4.73. Будущие события

Также можно провести моделирование с трассировкой. Для этого нажимаем на верхней панели фиолетовую кнопку «Начать моделирование с трасси-

ровкой». Выводится трассировка, справа указаны время, некоторые параметры и величины (рис.4.74):

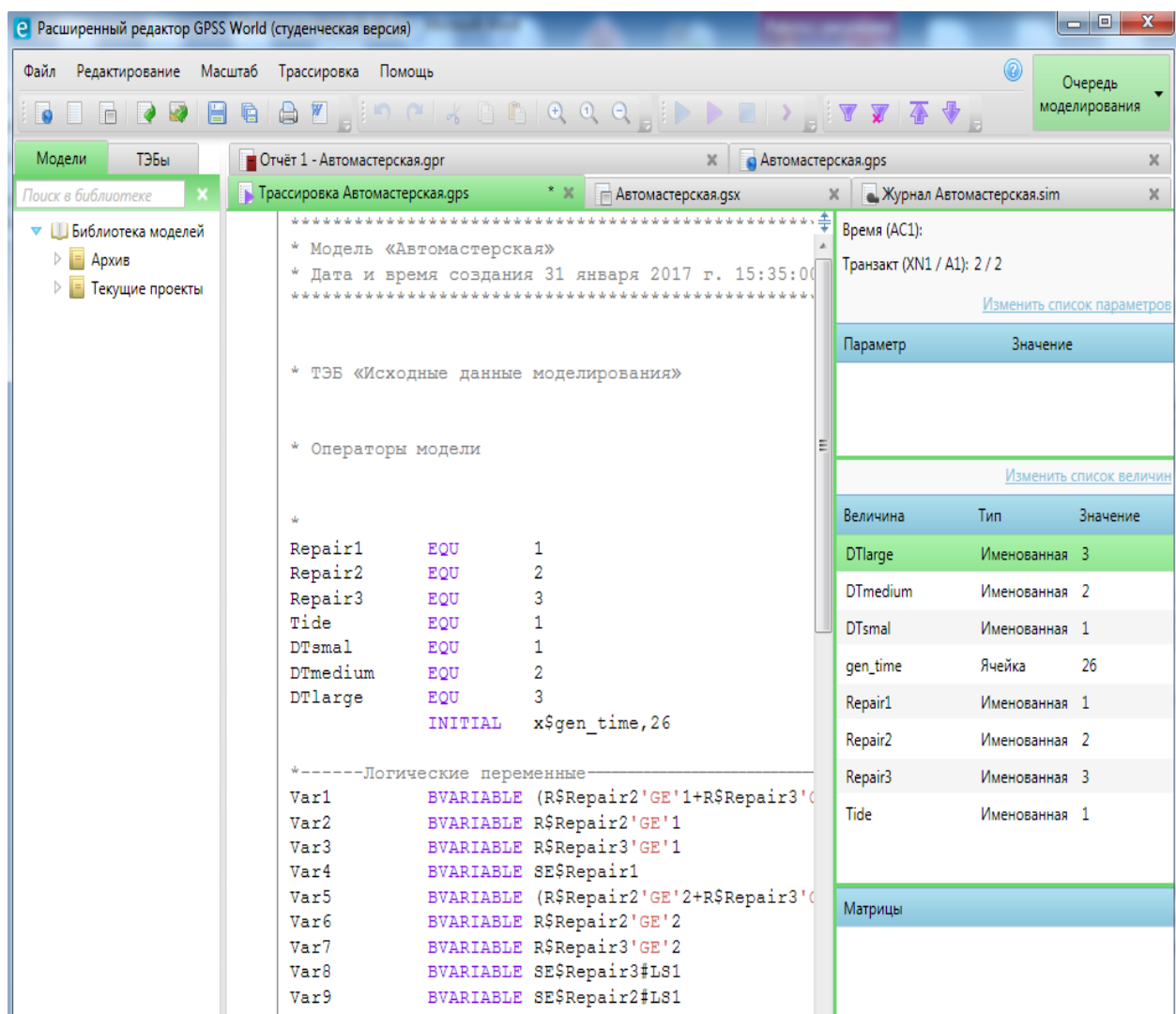


Рис.4.74. Моделирование с трассировкой

4.5.3. Формирование результатов моделирования в редакторе форм

Для проведения исследования воспользуемся редактором форм, который позволяет выдавать результаты моделирования в виде графиков.

Для этого в редакторе форм выберите *Файл->Указать модель*, укажите необходимую модель чаще всего она находится в папке */C:\Users\Администратор\Documents\ElinaComputer\GpssEditor\ModelsLibrary\Текущие проекты\Автомастерская\Моделирование*, нажав кнопку *Открыть* (рис.4.75):

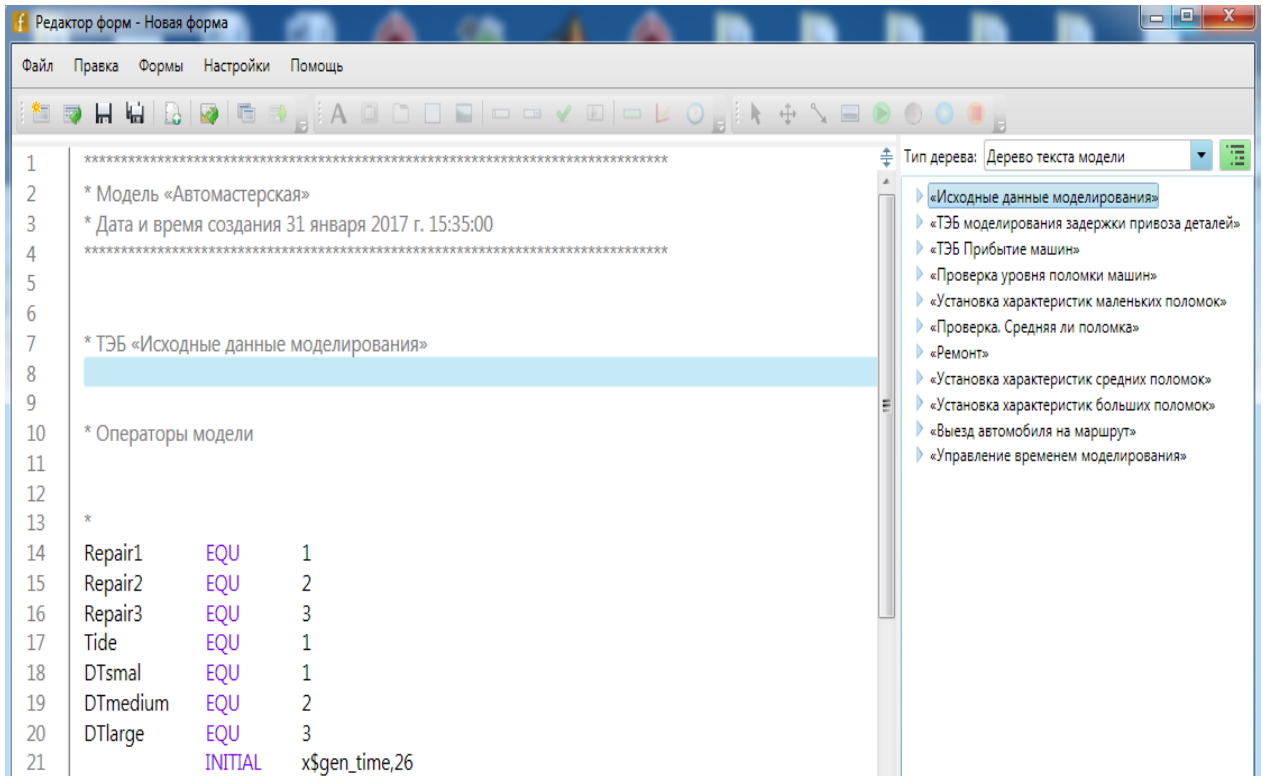


Рис.4.75. Редактор форм

Далее в редакторе нужно выбрать настройки модели (*Формы - >Настройки модели*), единицу модельного времени нужно выбрать часовую, после выбора настроек нажимаем «ОК» (рис.4.76):

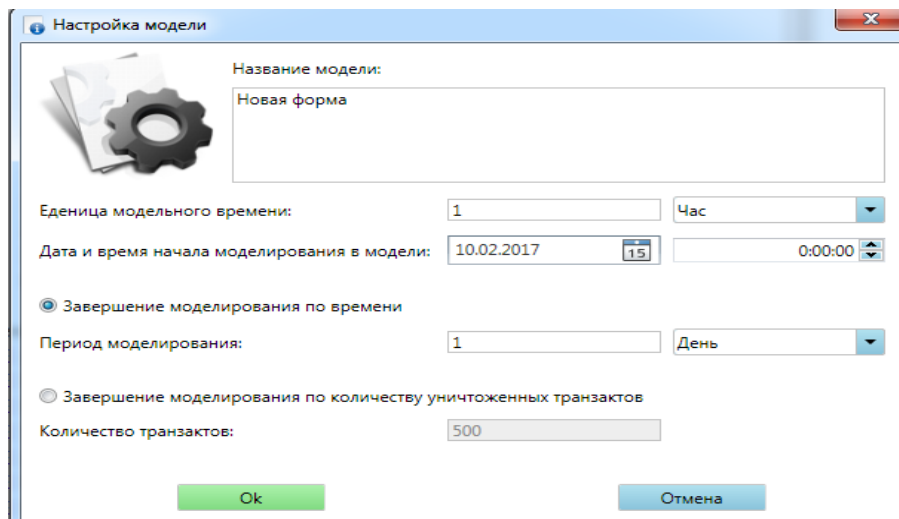


Рис.4.76. Настройки

Перейдем в настройки мониторинга (*Формы -> Настройки мониторинга*), и укажите следующие параметры. Для Repair1, Repair2, Repair3 параметры будут одинаковыми (рис 4.77):

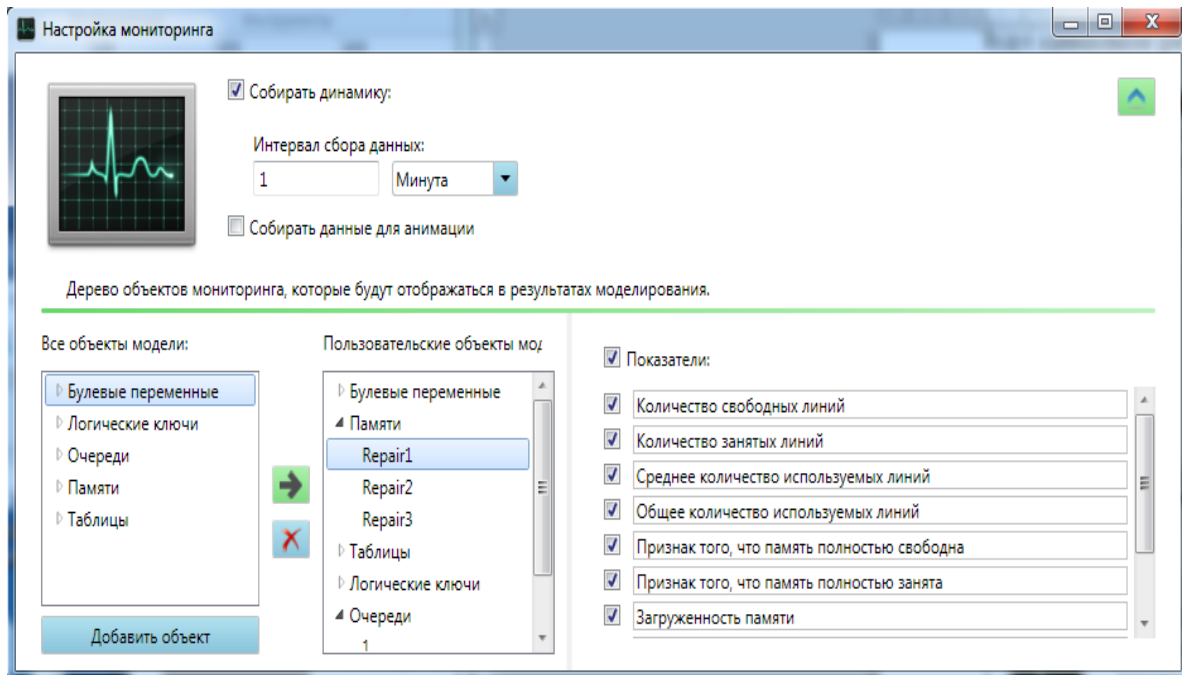


Рис.4.77. Настройки мониторинга

Для очередей 1, 2, 3 параметры будут одинаковыми (рис.4.78):

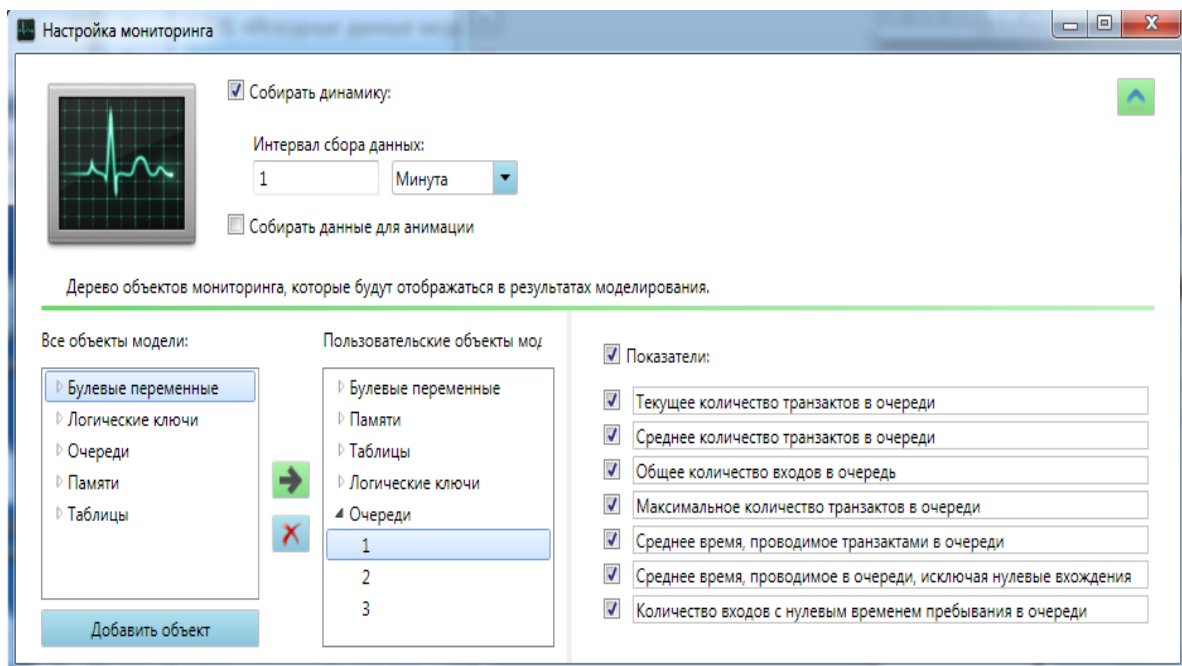


Рис.4.78. Параметры очередей

Далее нам необходимо открыть окно планирования экспериментов и из дерева текста модели перенести «Операнд В» в указанное место и поставить галочку «Участвует в эксперименте» (рис.4.79):

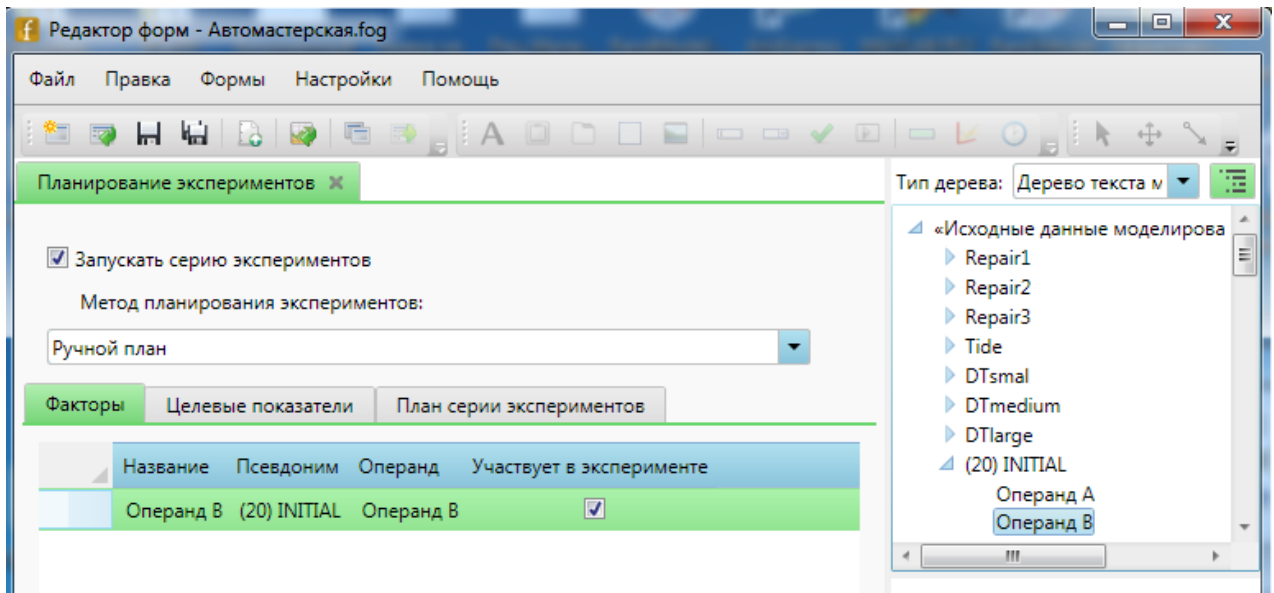


Рис.4.79. Планирование эксперимента

Далее во вкладку «Целевые указатели» из «Дерево объектов для мониторинга» перетащить следующие показатели. Чтобы найти среднее время проводимое транзактами сверху справа, надо переключить тип дерева на (Дерево объектов для мониторинга) (рис.4.80):

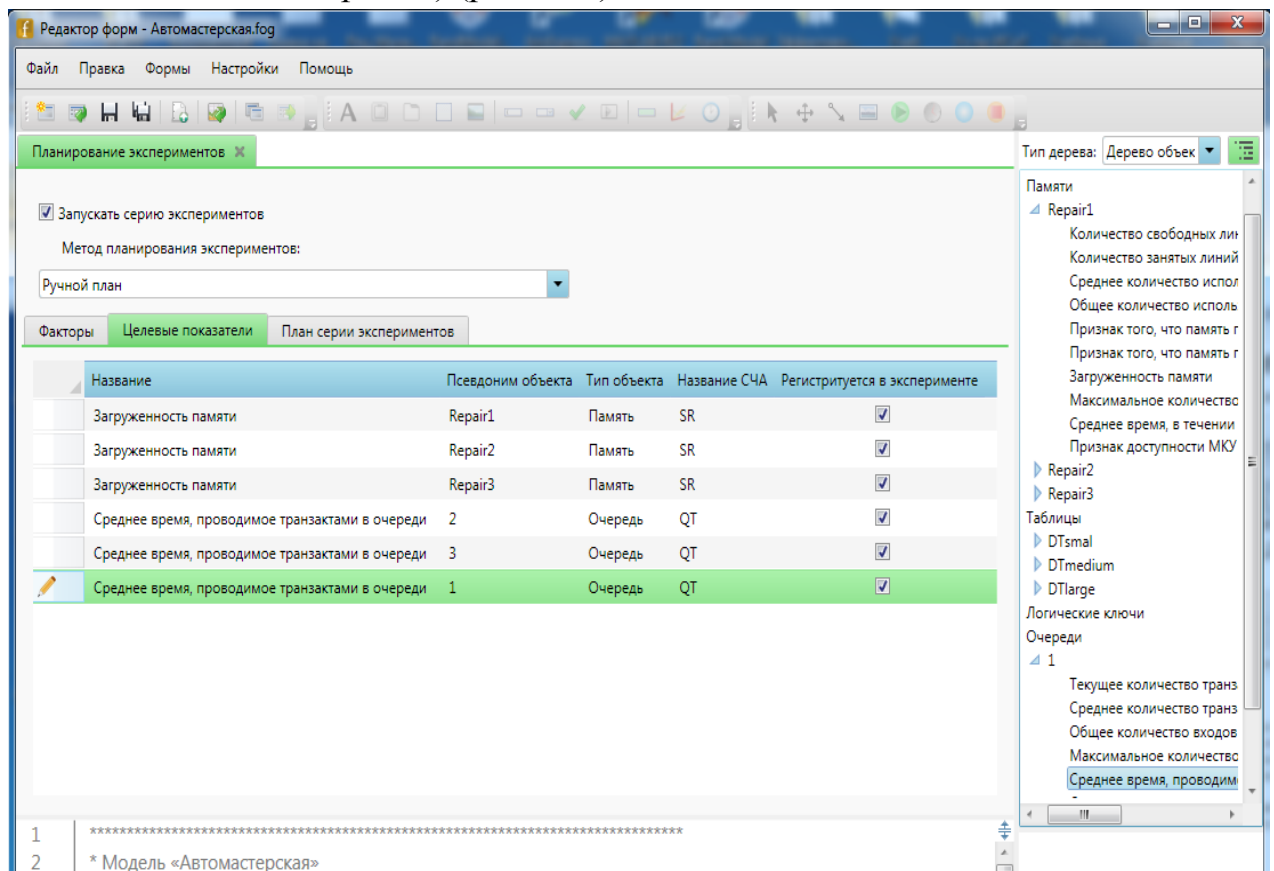


Рис.4.80. Планирование эксперимента

Перейти на вкладку «План серии экспериментов» и заполнить следующими параметрами (рис.4.81):

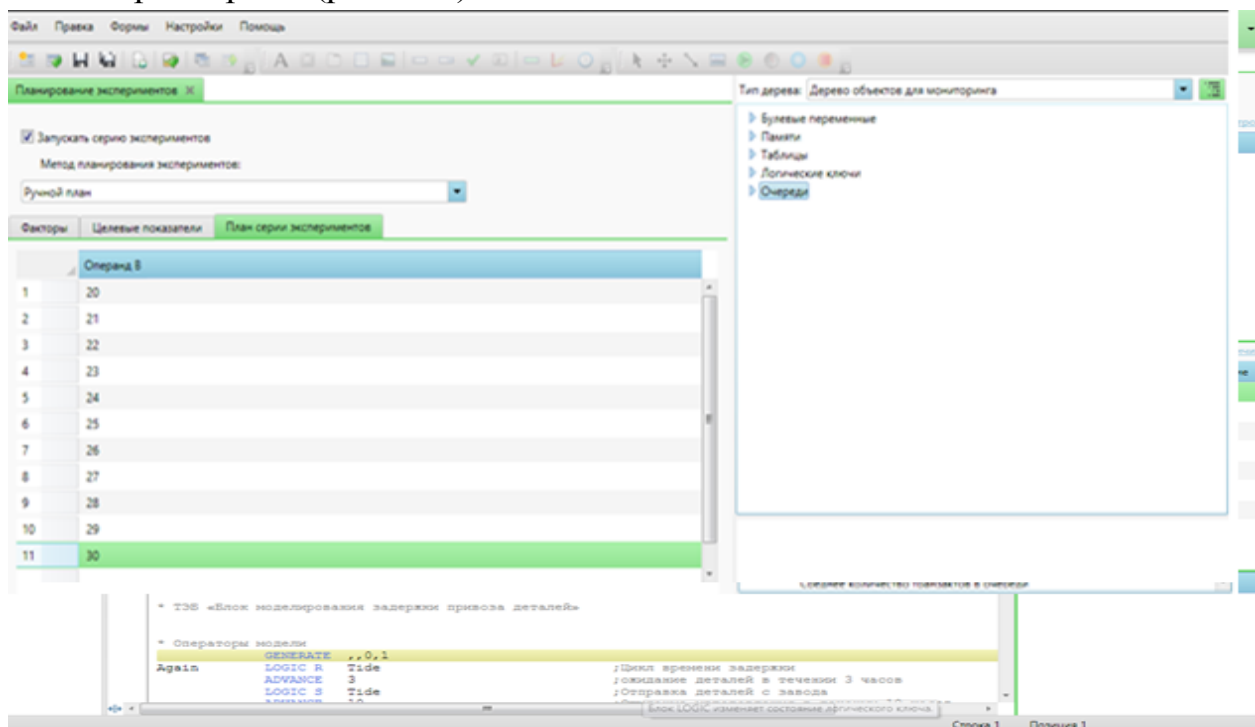


Рис.4.81. План экспериментов

Все данные заполнены, теперь можно просмотреть графики (Формы -> Проверить форму) (рис.4.82):

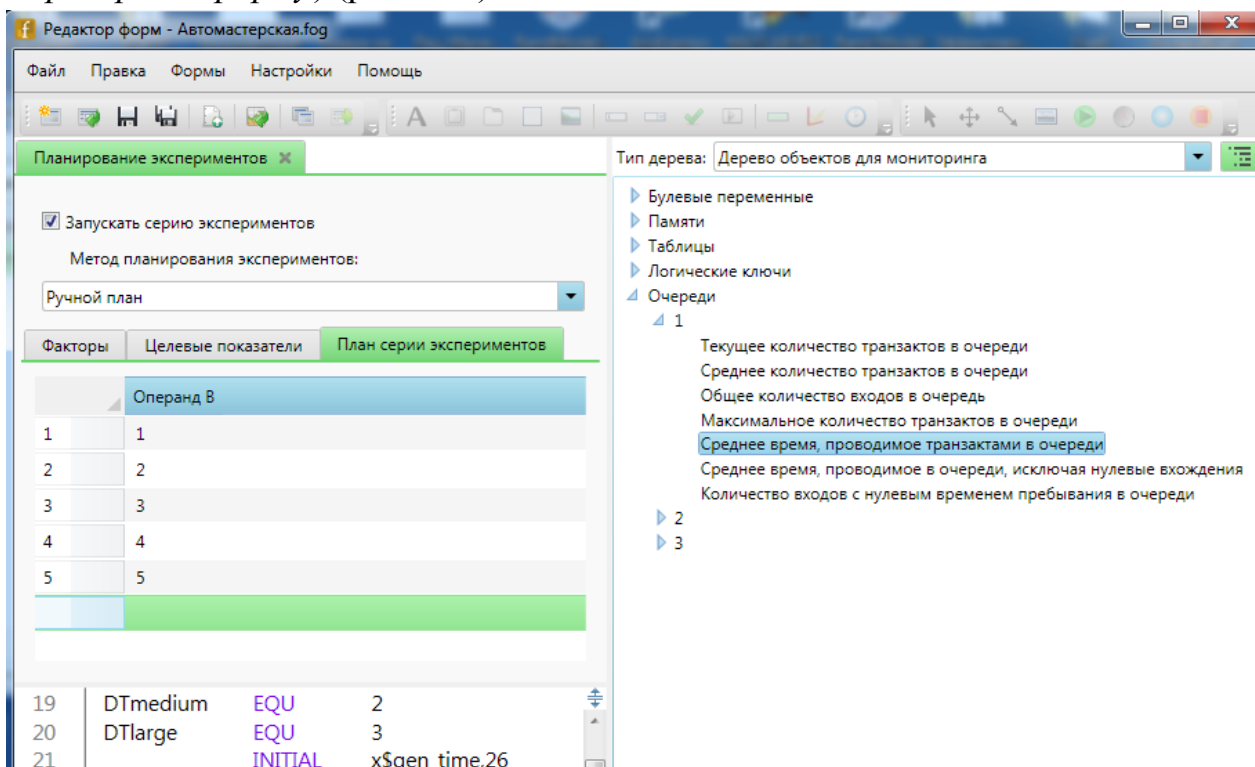


Рис.4.82. Проверка формы

4.5.4. Машинный эксперимент и анализ результатов моделирования

Нужно перейти во вкладку «Моделирование» и нажать кнопку «Начать моделирование» (рис.4.83):

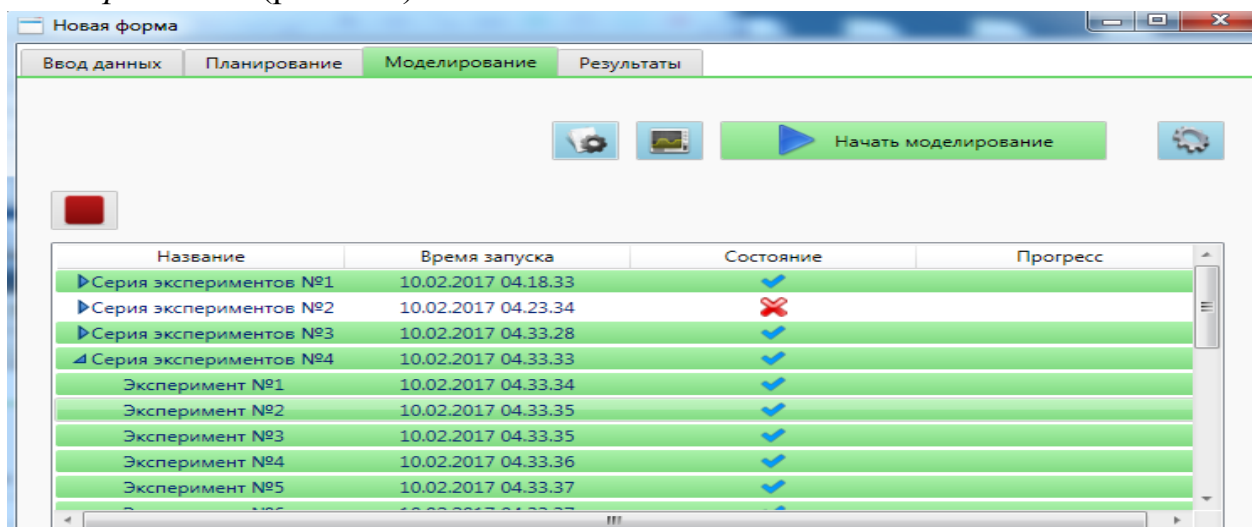


Рис.4.83 Окно начала моделирования

Для просмотра графиков нужно перейти во вкладку «Результаты», выбрав нужную серию экспериментов и нажав на вкладку «Графики».

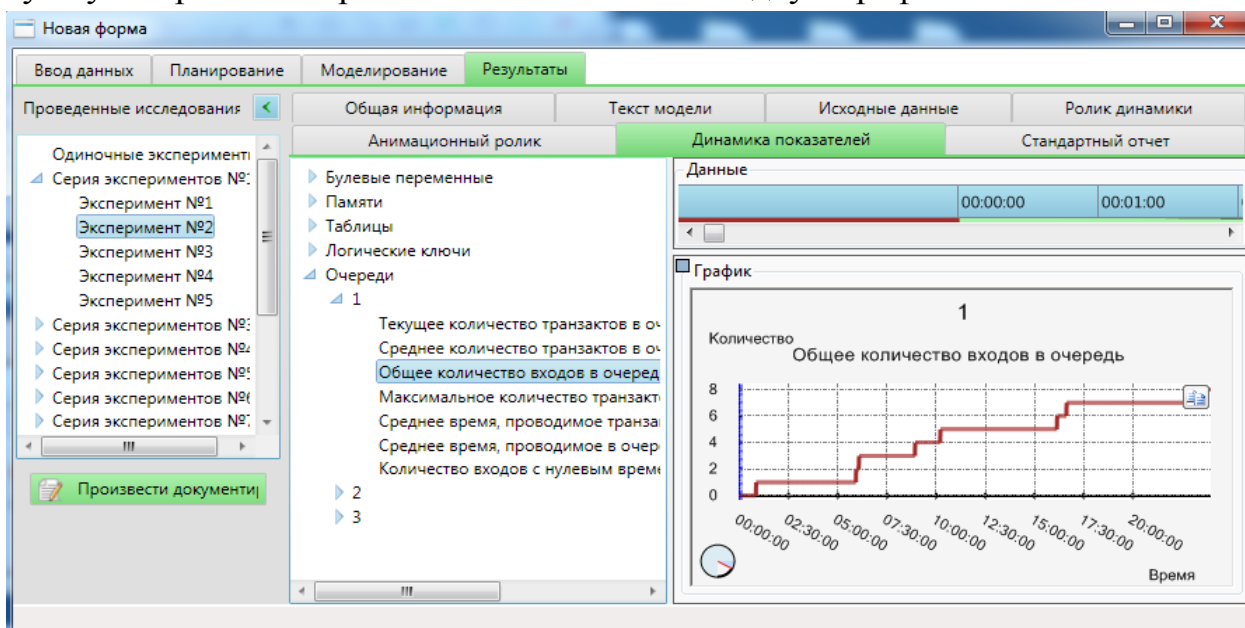


Рис.4.84

Проведем исследование свободных линий автомобилей на уровне поломок, где каждый тип поломки обозначен Repair1, Repair2, Repair3 соответственно.

На рис. 4.85 представлены результаты эксперимента при наличии поломок для двух и четырех потоков автомобилей, из которого следует, что время, затраченное на ремонт, меняется в зависимости от величины поломок:

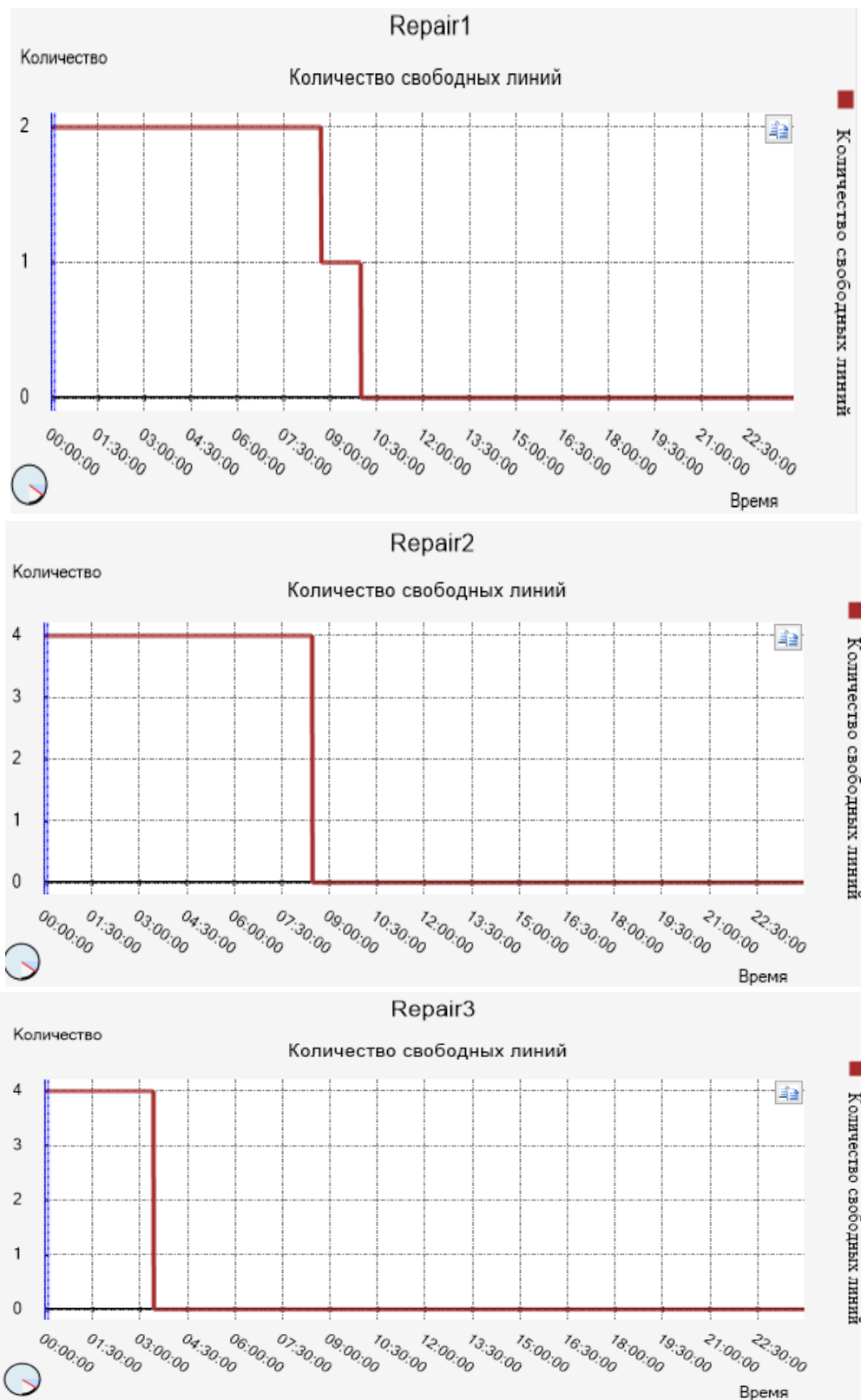


Рис.4.85. Графики поломок автомобилей

На рис. 4.86 представлены результаты эксперимента ремонта среднего количества автомобилей, сколько затрачивается времени на ремонт среднего количества автомобилей:

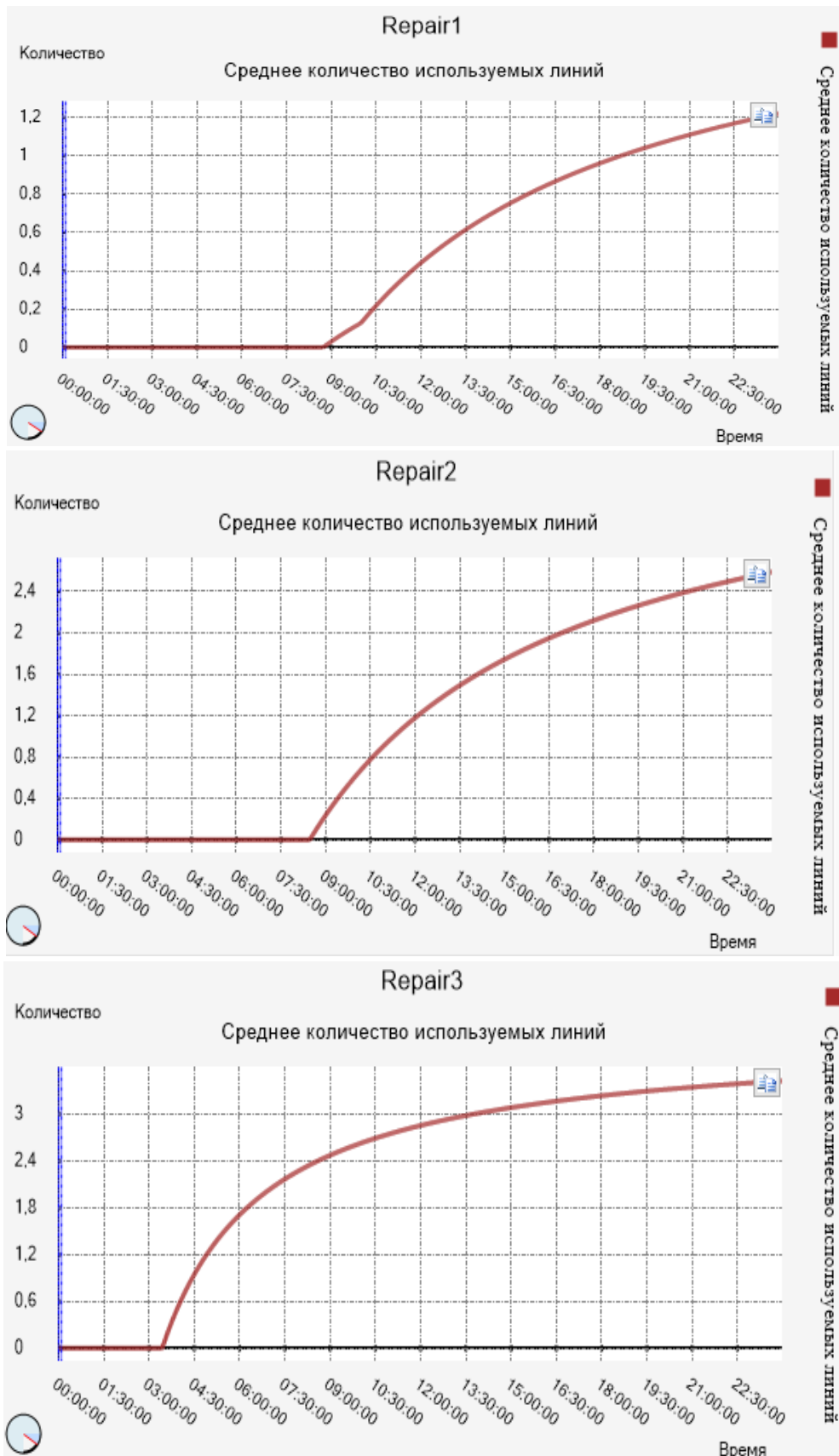


Рис.4.86. Графики среднего количества автомобилей

На рис.4.87 представлены результаты эксперимента ремонта среднего значения потока автомобилей, сколько затрачивается времени на ремонт сред-

него количества потоков автомобилей в соотношении с процентной готовностью, 60% и 80 % пределы выполненной работы на этом этапе:

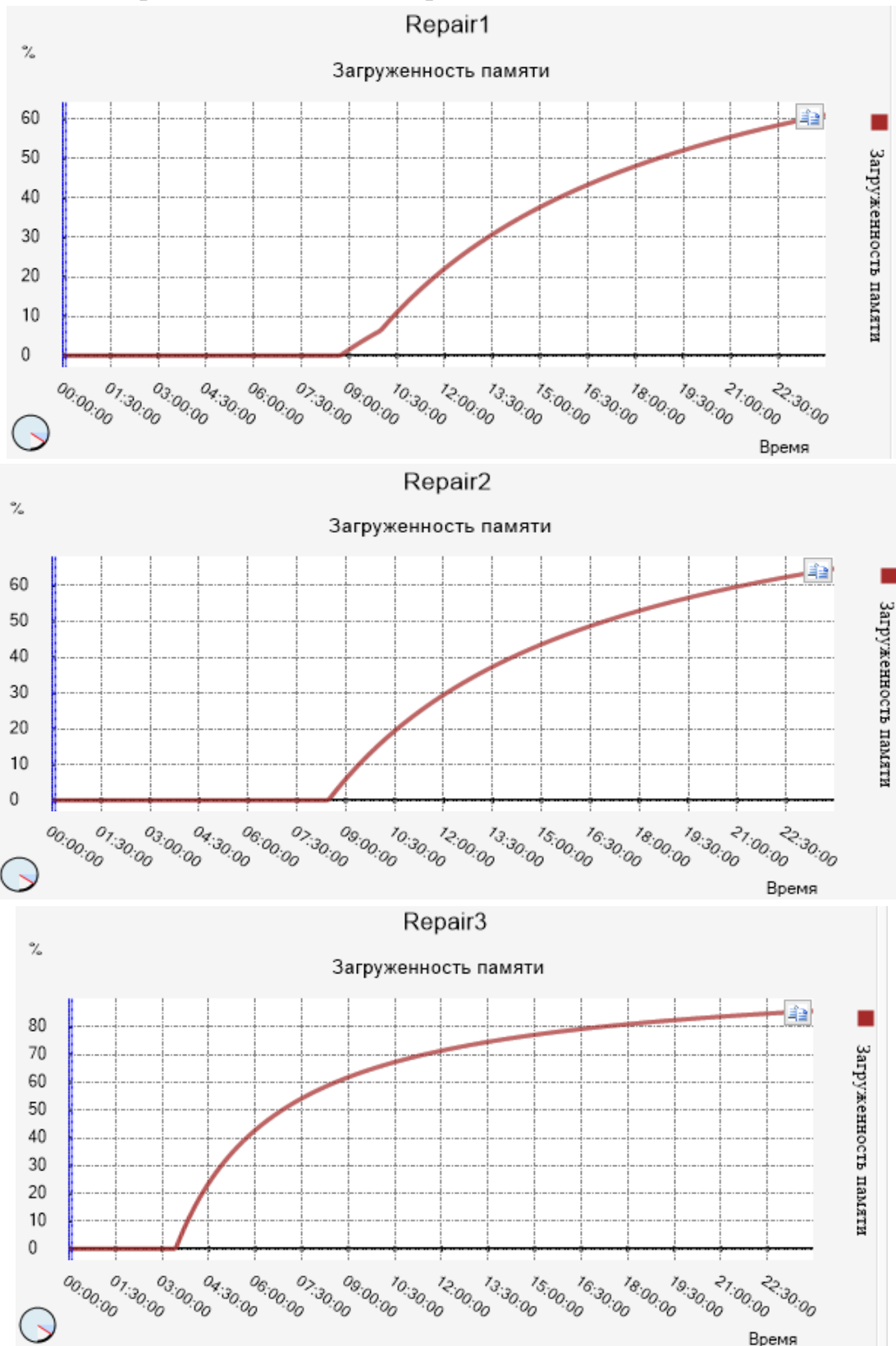


Рис.4.87. График ремонта среднего количества автомобилей с процентной готовностью

Таким образом, в результате выполнения данной работы проведено строительство экспериментальной компьютерной установки «Автомастерская парка такси» и проведены тестовые эксперименты. Для улучшения интерфейса имитационной установки необходимо разработать окно «Ввода данных» и окно «Динамики хода эксперимента».

Задания на исследование

1. Провести серию экспериментов с различными значениями входных параметров и характеристик устройств обслуживания с учетом анализа и планирования экспериментов.
2. Проанализировать результаты моделирования по стандартному отчету и сделать выводы по выполненным экспериментам.
3. В редакторе форм вывести различные динамические графики по работе канальных устройств (количество занятых линий, среднее количество используемых линий, загруженность устройств, среднее время загруженности устройств, признаки загруженности устройства, памяти и др.).
4. По каждому из графиков сделать выводы.
5. Написать заключение по работе реальной системы на основе имитационного моделирования и рекомендации по оптимизации работы системы
6. Написать рекомендации по адекватности имитационной модели и дальнейшей ее модернизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе мы рассмотрели парадигму разработки имитационных моделей по уровням имитационного моделирования.

В первой главе даны основные сведения по среде имитационного моделирования GPSSW и его расширения «Редактор GPSSW».

Во второй главе для формирования научно-исследовательской компетентности студентов на основе имитационного моделирования представили разработки имитационных моделей в виде лабораторных работ для *учебно-познавательного моделирования*. Эти модели не совсем сложны по объему и логике, достаточно просты в разработке. Построение одной учебной модели укладываются в рамки учебного процесса в форме лабораторных и практических занятий. Эти модели являются прототипами для построения учебных моделей для других классов СМО и подобных объектов и систем. Здесь на алгоритме построения этих учебно-познавательных моделей студенты знакомятся с основными методологиями и информационными системами и технологиями имитационного моделирования, приобретают знания и навыки разработки моделей в расширенном редакторе GPSS World.

В третьей главе приведены три примера по *учебно-исследовательскому моделированию* в расширенном редакторе GPSS World. Приведены задачи для учебно-исследовательского моделирования информационных процессов в узлах компьютера и вычислительных сетях. Здесь разработка одной имитационной установки (модели) занимает несколько занятий или такого рода задачи выполняются в рамках курсовой работы по моделированию на 3 курсе и курсового проектирования на 4 курсе. Здесь происходит обучение не по готовым разработкам, ученик самостоятельно проектирует и разрабатывает имитационные модели по аналогии для других классов СМО и аналогичных или подобных объектов и систем. Разработка как учебных, так и учебно-исследовательских моделей может проводиться как с помощью языков моделирования типа GPSS, так и с помощью средств моделирования, таких, как AnyLogic, Arena и др.

В четвертой главе представлены три примера по *научно-исследовательскому моделированию*. В этих работах представлен небольшой анализ предметной области, проект имитационной модели, реализация имитационной модели в расширенном редакторе GPSS World и некоторые результаты машинных экспериментов. Эти разработки были проведены в рамках выпускных квалификационных работ на уровне бакалавриата. Эти разработанные модели достаточно сложны и функциональны и имеют научную значимость и практическую ориентированность при соответствующей доработке имитационных моделей с заказчиками проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев, Т.И. Основы моделирования дискретных систем [Текст]. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
2. Бережная, Е.В., Бережной, В.И. Математические методы моделирования экономических систем [Текст]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 430с.
3. Боев, В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: учеб. пособие [Текст]. – СПб.: BHV-Петербург, 2004.–368 с; Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: монография [Текст]. – СПб.: ВАС, 2011. – 404 с.
4. Бროнов, С.А. Имитационное моделирование: учеб-метод. обеспечение самостоятельной работы студентов [Текст]. – Красноярск: СФУ, 2007. – 137 с.
5. Васильев, А. И. Имитационное моделирование информационных и вычислительных систем с использованием GPSS: учеб. пособие [Текст].– Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004.– 97 с.
6. Гнеденко, Б.В., Коваленко, И.Н.. Введение в теорию массового обслуживания [Текст]. – М.: Наука, 1987 – 336с.
7. ГОСТ 34.602–89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
8. Грекул, В.И, Денищенко, Г.Н, Коровкина, Н.Л. Проектирование информационных систем [Текст]. – М.: Изд-во «Интернет-Ун-т Информ. Технологий», 2005. – 304 с.
9. Губин, С.В., Боярчук, А.В. Информационные технологии в логистике. Курс лекций для высших технических учебных заведений [Текст]. – Киев: «Милениум», 2009. – 60 с.
10. Девятков, В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография[Текст]. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА–М, 2013. – 448с.
11. Дудин, А.Н., Медведев, Г.А., Меленец, Ю.В. Практикум на ЭВМ по теории массового обслуживания: учеб. пособие [Электронный ресурс] // Мн .: “Электронная книга БГУ”, 2003. — Режим доступа <http://anubis.bsu.by/publications/elresources/AppliedMathematics/dudin.pdf>
12. Духанов, А. В., Медведева О. Н. Имитационное моделирование сложных систем: курс лекций [Текст]. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 115 с.
13. Задорожный, В.Н. Статистическое моделирование: учеб. пособие[Текст]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 1996.– 92с.

14. Задорожный, В.Н. Имитационное и статистическое моделирование: учеб. пособие [Текст] / В.Н.Задорожный. – 2-е изд., испр. и доп. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – 136 с.
15. Задорожный, В.Н. Имитационное моделирование: учеб. пособие [Текст] / В. Н. Задорожный. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 1999. – 151 с.
16. Зайцев, Д. А. Математические модели дискретных систем: учеб. пособие [Текст]. – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2004. – 40 с.
17. Заборовский, В.С. Имитационное моделирование телематических систем: учеб. пособие [Текст] / В.С. Заборовский, А.С.Ильяшенко, В.А. Мухомова. – СПб: Изд-во СПбГПУ, 2013. – 58 с.
18. Имитационное и статистическое моделирование: практикум для студентов мат. и экон. спец. [Текст]/ В. И. Лобач, В. П. Кирлица, В. И. Малюгин, С. Н.Сталевская. – Мн.: БГУ, 2004. – 189с.
19. Имитационное моделирование на языке GPSS [Текст]/ Сост. Алтаев А.А.– Улан-Удэ.– Изд-во ВСГТУ, 2001. – 122 с.
20. Кийкова, Е.В., Лаврушина, Е.Г. Имитационное моделирование: практикум [Текст]. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2005. – 100 с.
21. Кобелев, Н.Б. Девятков, В.В., Половников, В.А. Имитационное моделирование: учеб. пособие [Текст]. – М.: КУРС: ИНФРА-М, 2013. – 368с.
22. Коваленко, В.В. Проектирование информационных систем: учеб. пособие [Текст]. – М.: Форум, 2012. – 320с.
23. Королёв, А.Г. Моделирование систем средствами GPSS - Future. Практический подход в примерах и задачах: учеб. пособие [Текст]. – Северодонецк, 2009. – 235с.
24. Кудрявцев, Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем [Текст]. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.
25. Маликов, Р.Ф. Основы разработки компьютерных моделей сложных систем: учеб. пособие [Текст]. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2012. – 256 с.
26. Маликов, Р.Ф. Основы математического моделирования: учеб. пособие [Текст]. – М: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2010. – 348с.
27. Маликов Р. Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6: учеб. пособие [Текст]. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2013. – 296с.
28. Моделирование маршрутной сети городского пассажирского транспорта Нижнего Новгорода в AnyLogic. А.В. Липенков, О.А. Липенкова, М.Е. Елисеев [Электронный ресурс] // ИММОД-2013, Казань, 16-18 октября. <http://www.anylogic.ru/articles/mod-elirovanie-marshrutnoy-seti-gorodskogo-passazhirskogo-transporta>, (дата обращения 18.03.2017).

29. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов, 2-е изд., перераб. и доп. [Текст]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
30. Розенберг, В.Я., Прохоров, А.И. Что такое теория массового обслуживания [Текст]. – М. Советское радио, 1965. – 254с.
31. Советов, Б.Я., Яковлев, С.А. Моделирование систем: практикум: учеб. пособие [Текст]. – М.: Высш. школа, 2005. – 295с.
32. Советов, Б.Я., Яковлев, С.А. Моделирование систем: учеб. пособие для бакалавров [Текст]. – М.: Изд-во Юрайт, 2012. –343с.
33. Толуев, Ю.И. Моделирование логистических процессов: традиции и инновации. Лекция 2: Современные методы и средства имитационного моделирования [Электронный ресурс]. <http://simulation.su/uploads/files/default/prez-toluev-modlog-proc-lecture-2.pdf>.
34. Томашевский, В.Н., Жданова, Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS [Текст]. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
35. Усманова, А.Р., Зарипова, А.Б., Маликов, Р.Ф. Методология разработки научно-исследовательских имитационных моделей [Электронный ресурс] // Материалы седьмой Всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика». ИММОД-2015. – Москва: ИПУ РАН, 2015. – Т.2. – С. 391-394. <http://simulation.su/static/ru-articles-2015.html> (дата обращения 18.03.2017).
36. Учебное руководство по системе GPSS World. — Режим доступа <http://www.minutemansoftware.com>, вход свободный
- 37.Хинчин, А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания [Текст]. – М.: Изд-во «Физматлит», 1963 – 235с.
- 38.Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука [Текст]. – М.: Мир, 1978. – 418с.
- 39.Шрайбер, Т.Дж. Моделирование на GPSS / Пер. с англ. В. И. Гаргера, И. Л. Шмуйловича; Ред. М. А. Файнберг [Текст]. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
40. Поляков, А.А. Организация движения на улицах и дорогах [Текст]. – М.:Транспорт, 1965. – 376с.
41. Антошвили, М.Е., Либерман, С.Ю., Спириин, И.В. Оптимизация городских автобусных перевозок [Текст]. – М.:Транспорт, 1985. – 102 с.
42. Бекмагамбетов, М.М., Кочетков, А.В. Анализ современных программных средств транспортного моделирования [Текст] // Журнал Автомобильных Инженеров. - №6 (77), 2012.– с.25-34
43. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография / М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 188 с.

44. Беляков, Б.И. Применение теории массового обслуживания на автомобильном транспорте: учеб. пособие [Текст] / Б. И. Беляков. – М.: 1975. – 82 с.
45. Сочнев, А.Н. Имитационное моделирование движения маршрутных автобусов [Электронный ресурс] // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2012. №5. <http://web.snauka.ru>.
46. Елисеев, М.Е. О проведении обследований городских автобусных маршрутов с целью их последующего моделирования [Текст] / М.Е. Елисеев, А.В. Липенков, О. А. Маслова // Автотранспортное предприятие. – №1. – 2012. – С.42–44.
47. Григорьева, Т.Е., Истигечева, Е.В. Разработка имитационных моделей рациональной маршрутной системы [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал «Моделирование, оптимизация и информационные технологии». – №3(14). 2016. / <http://moit.vivt.ru/>
48. Оптимизация маршрутной системы [Электронный ресурс] // URL: <http://maestria.ru/retro-stati/optimizatsiya-marshrutnoy-sistemyi.html> (дата обращения: 06.03.2016).
49. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 080500.62 «Бизнес-информатика» / авт.-сост. Е.П. Бочаров, О.Н. Алексеенцева / Саратовский социально-экономический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова». – Саратов, 2014. – 160 с.
50. Статьи GPSS World - Форум программистов [Электронный ресурс] // <http://forum.vingrad.ru/articles> /topic-274195/kw-gpss (дата обращения 14.03.2017).
51. GPSS - Форум [Электронный ресурс] // <http://www.cyberforum.ru/gpss/> (дата обращения 14.03.2017).
52. Моделирование в GPSS World. [Электронный ресурс] // <http://www.intuit.ru/studies/courses/643/499/lecture/11361> (дата обращения 30.03.2017).

ПРИЛОЖЕНИЯ

П1. GPSS модель «Автозаправка»

* Модель «Заправка»

* Дата и время создания 22 сентября 2016 г. 10:25:46

* ТЭБ «Поступление автомобилей на заправку»

GENERATE (Exponential(1,0,6.5))

QUEUE Zapravka

TRANSFER BOTH,Kol_1,Kol_2

* Выход №1 «»

SPLIT 1,Kol_1

TRANSFER ,Kol_2

* ТЭБ «Первая колонка»

Kol_1 SEIZE Kolonka_1

DEPART Zapravka

ADVANCE 10,2.5

RELEASE Kolonka_1

TRANSFER ,Next

* Выход №1 «»

TRANSFER ,Next

* ТЭБ «Вторая колонка»

Kol_2 SEIZE Kolonka_2

DEPART Zapravka

ADVANCE 13,4

RELEASE Kolonka_2

* Выход №1 «»

TRANSFER ,Next

* ТЭБ «Конец»

Next SAVEVALUE Ave_Queue,QT\$Zappravka

TERMINATE

GENERATE 480

TERMINATE 1

START 1

П2. GPSS модель «Моделирование участка цеха»

Модель «Моделирование участка цеха»

* Дата и время создания 2 февраля 2017 г. 14:25:22

* ТЭБ «Сектор один»

GENERATE 42,5
QUEUE OCHER1
SEIZE OBOR1
DEPART OCHER1
ADVANCE 17,2
RELEASE OBOR1
QUEUE OCHER2
SEIZE OBOR2
DEPART OCHER2
ADVANCE 32,4
RELEASE OBOR2
QUEUE OCHER3
SEIZE OBOR3
DEPART OCHER3
ADVANCE 22,3
RELEASE OBOR3
TERMINATE
GENERATE 20,5
TRANSFER ,autoLabel_1

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_1

* ТЭБ «Сектор два»

autoLabel_1 QUEUE OCHER1
SEIZE OBOR1
DEPART OCHER1
ADVANCE 19,3
RELEASE OBOR1
QUEUE OCHER2
SEIZE OBOR2
DEPART OCHER2
ADVANCE 27,5
RELEASE OBOR2
QUEUE OCHER3
SEIZE OBOR3
DEPART OCHER3
ADVANCE 27,5
RELEASE OBOR3
TERMINATE
GENERATE 960

* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_2

* ТЭБ «Сектор три»
autoLabel_2TERMINATE 1
START 1

П3. GPSS модель «Компьютерная мастерская»

* Модель «Ремонтная мастерская»
* Дата и время создания 6 апреля 2016 г. 13:07:13

* ТЭБ «Заявки на ремонт»
GENERATE 300,60,,2 ;

* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_1

* ТЭБ «Поставка в очередь»
autoLabel_1 QUEUE Service ;

QUEUE Alljobs ;

* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_2

* ТЭБ «Ремонт»
autoLabel_2 PREEMPT Maintenance,PR ;

DEPART Service ;

DEPART Alljobs ;

ADVANCE 120,30 ;

* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_3

* ТЭБ «Закончено»
autoLabel_3 RETURN Maintenance ;
TERMINATE ;

* ТЭБ «Управление временем моделирования»

GENERATE 24 ;

TERMINATE 1 ;

START 500

П4. GPSS модель «Парикмахерский салон»

* Модель «Парикмахерский салон»
* Дата и время создания 3 февраля 2017 г. 14:21:29

* ТЭБ «Исходные данные моделирования»

Punkt STORAGE 4

Transit TABLEM1,.5,1,3

TERMINATE

* ТЭБ «Управление временем моделирования»

GENERATE 480

TERMINATE 1

* ТЭБ «Поток посетителей»

GENERATE 1.85,1

Povtor GATE SNF Punkt

ENTER Punkt

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_1

* ТЭБ «Кассир»

autoLabel_1 QUEUE Ocher_kassir

SEIZE Kassir

DEPART Ocher_kassir

ADVANCE 1.5,0.4

RELEASE Kassir

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_2

* ТЭБ «Оплата у терминала»

autoLabel_2ADVANCE 4.4,1.35

LEAVE Punkt

TERMINATE

П5. GPSS модель «Моделирование системы управления запасами»

* Модель «Моделирование системы управления запасами»

* Дата и время создания 3 февраля 2017 г. 14:40:45

* ТЭБ «Определение входных данных»

* Определение входных данных.

RMULT 413

Zapas STORAGE 2000 ; Вместимость склада.

ZapasTABLES\$Zapas,100,100,20 ; Гистограмма запаса.

Material VARIABLE Nach_ur-S\$Zapas ;Размер заказа.

Spros_m VARIABLE RN1@15+35 ; Размер ежедневного спроса.

Nach_ur EQU 1500 ; Начальный уровень запаса.

Postavka EQU 1200 ; Размер поставки.

TERMINATE

* ТЭБ «Моделирование процесса поставки материала на склад»

autoLabel_1 GENERATE 5,,,1 ; Поставка через 5 дней.

TEST L S\$Zapas,Postavka,Out ; Нужна ли поставка.

ASSIGN 2,V\$Material ; Размер заказа в P2.

ADVANCE 5 ; Интервал поставки.

ENTER Zapas,P2 ; Увеличить запас на P2.

Out TERMINATE ; Завершение заказа.

* ТЭБ «Моделирование текущего запаса с учетом ежедневного спроса на материал»

*Запасы с учетом ежедневного спроса на материал

autoLabel_2 GENERATE 1 ; Генерирование дня.

ASSIGN 1,V\$Spros_m ; Размер спроса в P1.

TABULATE Zapas ; Запись тек.запаса.

TEST GE S\$Zapas,P1,Zapasout ; Можно ли заказать.

LEAVE Zapas,P1 ; Уменьшить запас на P1.

TERMINATE 1 ; Завершения дня.

Zapasout TERMINATE 1 ; Завершения дня.

* ТЭБ «Установление начального размера запаса»

*Установление начального размера запаса

autoLabel_3 GENERATE ,,1,10 ; Начальный запас.

ENTER Zapas,Nach_ur ; Установка нач. запаса.

TERMINATE

START 200

П6. GPSS модель «Моделирование системы управления качеством»

* Модель «Моделирование системы управления качеством»

* Дата и время создания 17 апреля 2015 г. 12:42:41

* ТЭБ «Поток изделий, поступающих на обработку»

RMULT 231

Time_obrab TABLE M1,100,20,7

Oper_1 FUNCTION RN1,D7

0,0/.04,9/.20,13/.35,17/.60,25/.85,35/1.0,50

TERMINATE

* Выход №1 <>

* Выход №2 <>

```

* ТЭБ «Оборудования»
GENERATE (Exponential(1,0,28))
ASSIGN 1, FN$Oper_1
Oper1 SEIZE Oborud_1
ADVANCE P1
RELEASE Oborud_1
ADVANCE 3
TRANSFER .150,, Ustr_brak_1
Oper2 SEIZE Oborud_2
ADVANCE (Normal(1,22,3))
RELEASE Oborud_2
ADVANCE 2
TRANSFER .060,, Ustr_brak_2
TABULATE Time_obrab
TERMINATE

```

```

* ТЭБ «Устранения брака»
Ustr_brak_1 TRANSFER .300,, Oper1
TERMINATE
Ustr_brak_2 TRANSFER .600,, Oper2
TERMINATE

```

```

* ТЭБ «Исходные и выходные данные»

```

```

* ТЭБ «Оценка качества»
autoLabel_1 GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1

```

П7. GPSS модель «Супермаркет»

```

*****

```

```

* Модель «supermarket»

```

```

* Дата и время создания 29 марта 2016 г. 16:51:28

```

```

*****

```

```

* ТЭБ «Супермаркет»

```

```

RMULT 1187 ;определяем набор начальных чисел семи

```

```

;генераторов случайных чисел

```

```

kassa_2 EQU 2 ;указываем номера каналов обслуживания и

```

```

;соответствующие очереди к ним

```

```

kassa_N EQU 5

```

```

time_work VARIABLE 8#60#60 ;определяем время моделирования системы в

```

```

;секундах

```

```

n_poкупok VARIABLE (RN1@96+5) ;число покупок, одного покупателя

```

```

finance VARIABLE (RN1@3+1)#40+150 ;переменная определяет размер оплаты

```

```

;покупок
time_system TABLE M1,1000,1000,7 ;создаем таблицы, представляющие
;собой набор чисел для построения гистограмм
pokupki TABLE P$kol_pokupok,10,10,10 ;каждое целое число
;представляет класс частоты в гистограмме
n_pokupatel TABLE X$pokupatel,100,50,12
park STORAGE 100 ;емкость стоянки
telejka STORAGE 100 ;количество тележек
korzina STORAGE 50 ;количество корзин
kassir VARIABLE (P$kol_pokupok)#2+P$oplata ;переменная определяет
;время затраченное кассиром на обслуживание покупателя
time_mag VARIABLE P$kol_pokupok#100 ;время нахождения покупателя в
;магазине
INITIAL X$pokupatel,0 ;определяет начальное значение
;сохраняемой величины значение которой в начале смены равно 0

```

TERMINATE

* ТЭБ «Паркинг»

```

parking TRANSFER Both,,Lost ;требование направляется в следующий
;блок, если он занят то к блоку с меткой Lost
ENTER park ;если есть место автомобиль въезжает на
;стоянку
ADVANCE 60,40 ;покупатель идет в супермаркет
SAVEVALUE pokupatel+,1 ;подсчет поступивших покупателей с
;момента открытия магазина
ASSIGN kol_pokupok,V$n_pokupok ;выполняем присваивание
;параметру требования kol_pokupok с помощью переменной V$n_pokupok
ASSIGN oplata,V$finance
TEST LE P$kol_pokupok,10,Qtelejka ;определяем дальнейший
;путь требования
GATE SNF korzina,Qtelejka ;проверяем условие накопитель не
;полон

```

* Выход №1 «»

```
TRANSFER ,autoLabel_1
```

* Выход №2 «»

* ТЭБ «Очередь на получение корзин»

```

autoLabel_1 QUEUE korzina_Q ;собираем статистику по очереди
ENTER korzina ;собираем информацию об использовании корзин
;покупателями
DEPART korzina_Q ;ОСВОБОЖДАЕМ ОЧЕРЕДЬ
ASSIGN tara,korzina ;присваивание параметру требования

```

TRANSFER ,magazin ;переход требования к оператору с меткой
;покупатель входит в магазин

* Выход №1 «»

TRANSFER ,magazin

* ТЭБ «Очередь на получение тележек»

Qtelejka QUEUE telejka_Q ;собираем статистику по очереди
ENTER telejka ;собираем информацию об использовании корзин
;покупателями
DEPART telejka_Q ;освобождаем очередь
ASSIGN tara,telejka ;присваивание параметру требования

* Выход №1 «»

TRANSFER ,magazin

* ТЭБ «Покупки»

magazin ADVANCE V\$time_mag ; моделируем время нахождения
;покупателя в магазине
TEST LE P\$kol_rokupok,10,min_och ;определяем дальнейший путь
;требования
COUNT L kassir_0,kassa_2,kassa_n,1,Q ; определяем число
;объектов заданного диапазона удовлетворяющих заданному требованию
TEST E P\$kassir_0,0,min_och ;определяем дальнейший путь
;требования

* Выход №1 «»

TRANSFER ,fin

* ТЭБ «Уход покупателя»

fin TABULATE time_system ;выполняем сбор данных по времени
;обслуживания
TABULATE rokurki ;собираем данные по числу сделанных
;покупок
SAVEVALUE rokupatel-,1 ;уменьшаем число обслуженных
;покупателей
ADVANCE 60,50
LEAVE park
TERMINATE
lost TERMINATE

* ТЭБ «Сбор статистики быстрого обслуживания»

QUEUE bistro_q ;собираем статистику об очереди
SEIZE bistro ;собираем статистику по каналу
;обслуживания


```

DEPART bistro_q
ADVANCE V$kassir ;моделируем время быстрого
;обслуживания
RELEASE bistro
LEAVE P$tara ;завершаем сбор статистики по работе
;накопителей связанных с тарой
TRANSFER ,fin ;направляем требование к оператору
;указанному в поле B
TERMINATE

```

* ТЭБ «Сбор статистики мин.оч»

```

min_och SELECT MIN min_ocher,kassa_2,kassa_n,,Q ; выбираем объект
;удовлетворяющий условию
QUEUE P$min_ocher
SEIZE P$min_ocher
DEPART P$min_ocher
ADVANCE V$kassir
RELEASE P$min_ocher
LEAVE P$tara
TERMINATE

```

* ТЭБ «Поток покупателей»

```

GENERATE (Exponential(1,0,60)),,,200 ;используем встроенное
;распределение вероятностей для моделирования потока покупателей
TRANSFER ,parking
GENERATE (Exponential(1,0,40)),,1800,400
TRANSFER ,parking
GENERATE (Exponential(1,0,80)),,5400,300
TRANSFER ,parking
GENERATE (Exponential(1,0,120)),,9000
TRANSFER ,parking
TERMINATE

```

* ТЭБ «Время работы системы»

```

GENERATE V$time_work ;определяем время работы системы
TABULATE n_rokupertel ;собираем информацию о числе
;покупателей посетивших магазин
TERMINATE 1
START 1

```

П8. GPSS модель «Швейная фабрика»

* Модель «модель швейной фабрики(схема)»

* Дата и время создания 30 апреля 2015 г. 1:26:05

* ТЭБ «Исходные данные моделирования»
COST1 VARIABLE 8000-8#SR\$CEH
COST2 VARIABLE 30#(3+3) ;30#(Np+Nm)
COST VARIABLE V\$COST1+V\$COST2
CEH STORAGE 50
MEN STORAGE 3
TERMINATE

* ТЭБ «Управление временем моделирования»
GENERATE 6240
TERMINATE 1

* ТЭБ «Генератор работающих машин»
GENERATE ,,53

* Выход №1 «»
TRANSFER ,PUSK

* ТЭБ «Работа машин в цехе»
PUSK ENTER CEH
ADVANCE 157,25
LEAVE CEH

* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_1

* ТЭБ «Ремонт»
autoLabel_1 ENTER MEN
ADVANCE 7,3
LEAVE MEN
* Выход №1 «»
TRANSFER ,PUSK

П9. GPSSмодель «Система передачи информации»

RAM equ 1 ;присвоение имени памяти
CPU4 equ 1 ;присвоение имени процессору
HBUS equ 2 ;присвоение имени каналу данных
LN1 equ 1 ;присвоение имени 1 очереди(канала)
LN2 equ 2 ;присвоение имени 2 очереди(канала)
RAM STORAGE 19;значение памяти
GENERATE 10,3 ;производство заявок
ADOPT 5 ;присвоение транзактам 5 ансамбля
QUEUE LN1 ;начало 1 очереди
ENTER RAM ;вход в память

MARK 1 ;временная отметка 1
DEPART LN1 ;конец 1 очереди
GATE NU CPU4 ;проверка занятости устройства
MARK 2 ;временная отметка 2
LEAVE RAM ;выход из памяти
VR1 VARIABLE (P2-P1) ;арифметическая операция
TEST GE V\$VR1,500,MOD ;проверка времени нахождения в ОЗУ
TERMINATE ;вывод кадров из модели
MOD ADVANCE ;продолжить
SEIZE CPU4 ;занятие процессора
ADVANCE 25,2 ;задержка на обработку
RELEASE CPU4 ;освобождение процессора
ASSEMBLE 8;формирование блоков по 8
QUEUE LN2 ;начало 2 очереди
SEIZE HBUS ;вход в канал
DEPART LN2 ;конец 2 очереди
ADVANCE 160,20 ;передача по каналу
RELEASE HBUS ;выход из канала
TERMINATE ;вывод кадров из модели
GENERATE 5000 ;счетчик времени (таймер)
TERMINATE 1
START 1,,1

П10. GPSS модель «Узел распределения информации»

GENERATE 8,4 ;генерация транзактов
QUEUE QRAM ;вход в накопитель
QUEUE QN ;вход в очередь к основному каналу
SEIZE OSKANAL ;занять основной канал
DEPART QN ;покинуть очередь к основному каналу
ADVANCE 7,3 ;задержка на обработку
RELEASE OSKANAL ;освободить основной канал
DEPART QRAM ;покинуть накопитель
OUT TERMINATE ;вывод транзактов из модели
GENERATE 170,30,,1 ;генерация «сбойных» транзактов
PREEMPT OSKANAL,PR,OUT ;захват основного канала
SPLIT 1,REZ ;передача копии транзакта в резервный канал
ADVANCE 20,7 ;задержка на восстановление основного канала
RETURN OSKANAL ;освободить основной канал
TRANSFER ,OUT ;переслать транзакт на блок TERMINATE
REZ QUEUE 1 ;занять очередь
ADVANCE 1,1 ;задержка на запуск резервного канала
DEPART 1 ;покинуть очередь

QUEUE 2 ;вход очередь к резервному каналу
SEIZE RKANAL ;занять резервный канал
DEPART 2 ;покинуть очередь к резервному каналу
ADVANCE 7,3 ;задержка на обработку
RELEASE RKANAL ;освободить резервный канал
TRANSFER ,OUT ; переслать транзакт на блок TERMINATE
;сегмент таймера
GENERATE 7200 ;генерация транзактов через 7200 с
TERMINATE 1 ;вывод транзакта из модели и уменьшение значения счетчика на единицу
START 1 ;установка начального значения счетчика в единицу

П11. GPSS модель «Устройство обработки информации»

LINE EQU 1; Номер линии
PROC EQU 3;Процессор, в котором происходит обработка транзакта
BUF1 EQU 1; Входной буфер первой линии
BUF2 EQU 2;Входной буфер второй линии
BUF_OUT EQU 4;Буфер для учета потерянных транзактов (отказ системы)
BUF1 STORAGE 3; Объем входного буфера первой линии
BUF2 STORAGE 3; Объем входного буфера второй линии
BUF_OUT STORAGE 5000; Объем буфера потерянных транзактов

GENERATE 15,7; Генерация потока транзактов первой линии
ASSIGN LINE,1;Назначение номера линии
TRANSFER ,A; Передача транзакта
GENERATE 15,7; Генерация потока транзактов второй линии
ASSIGN LINE,2;Назначение номера линии
TRANSFER ,A; Передача транзакта

CCC ENTER BUF_OUT; Вход потерянного транзакта
LEAVE BUF_OUT ;Выход транзакта
TERMINATE ;Уничтожение транзакта

A GATE SNF P\$LINE,CCC; Если входной буфер занят полностью, то передача в CCC
ENTER P\$LINE; Вход транзакта в устройство линии
SEIZE PROC ;Вход транзакта в процессор
LEAVE P\$LINE ;Выход транзакта из устройства линии
ADVANCE 7,2;Обработка транзакта
QUEUE P\$LINE ;Вход транзакта в очередь
RELEASE PROC; Освобождение процессора
SEIZE P\$LINE ;Вход пакета данных в устройство
ADVANCE 14,5; Передача транзакта по линии

RELEASE P\$LINE; Освобождение линии
В TERMINATE ;Удаление транзакта
GENERATE 10000;Работа узла моделируется
TERMINATE 1; в течении 10 секунд (1 ед. маш. времени = 1 мс)
START ;Установка счетчика завершения

П12. GPSS модель «Устройство обработки и сжатия данных»

BL1 EQU 1
BL2 EQU 2
BL3 EQU 3
BUF1 EQU 4
BUF2 EQU 5
BUF3 EQU 6
GENERATE 12,4
TRANSFER ,META
GENERATE 20,5
TRANSFER ,METB
GENERATE 20,3
TRANSFER ,METC
META QUEUE BUF1 ; отбраковка данных из блока А
SEIZE BL1
DEPART BUF1
ADVANCE 4,1
RELEASE BL1
TRANSFER .2,META2,METTER
METB QUEUE BUF1 ; отбраковка данных из блока В
SEIZE BL1
DEPART BUF1
ADVANCE 6,1
RELEASE BL1
TRANSFER .2,METBC,METTER
METC QUEUE BUF1 ; отбраковка данных из блока С
SEIZE BL1
DEPART BUF1
ADVANCE 6,2
RELEASE BL1
TRANSFER .2,METBC,METTER
META2 QUEUE BUF2 ; блок сжатия данных
SEIZE BL2
DEPART BUF2
ADVANCE 7,2
RELEASE BL2
TRANSFER .9,METABC,METTER
METBC QUEUE BUF2
SEIZE BL2
DEPART BUF2
ADVANCE 7,1

RELEASE BL2
TRANSFER .9,METABC,METTER
METABC QUEUE BUF3 ; блок обработки данных после фильтрации
SEIZE BL3
DEPART BUF3
ADVANCE 80,20
RELEASE BL3
METTER TERMINATE
GENERATE 5000
TERMINATE 1
START 1

П13. GPSS модель «Распределенная система обработки и передачи данных»

;ГЕНЕРАЦИЯ ПАКЕТОВ

GENERATE 8,4 ;поступление пакетов

TEST L Q1,25,met1 ;если очередь на передачу меньше 25 то вниз, иначе на метку met1

;ПЕРЕДАЧА от А к В

QUEUE 1 ;занять очередь на передачу от А к В

TRANSFER ALL,metAB1,metAB2,5 ;передача по каналам АВ1 и АВ2

;Линия АВ1

metAB1 SEIZE AB1 ;занять устройство - линию АВ1

DEPART 1 ;выйти из очереди

ADVANCE 23,6 ;передача по линий АВ1

RELEASE AB1 ;освободить устройство - линию АВ1

TRANSFER ,met2 ;перейти к передаче от В к С

;Линия АВ2

metAB2 SEIZE AB2 ;занять устройство - линию АВ2

DEPART 1 ;выйти из очереди

ADVANCE 34,8 ;передача по линий АВ2

RELEASE AB2 ;освободить устройство - линию АВ2

TRANSFER ,met2 ;перейти к передаче от В к С

;Линия АВ3

metAB3 SEIZE AB3 ;занять устройство - линию АВ3

DEPART 1 ;выйти из очереди

ADVANCE 25,2 ;передача по линий АВ3

RELEASE AB2 ;освободить устройство - линию АВ3

TRANSFER ,met2 ;перейти к передаче от В к С

;ПЕРЕДАЧА от В к С

met2 TEST L Q2,20,met3 ;если очередь на передачу меньше 20 то вниз, иначе на метку met3

QUEUE 2 ;занять очередь на передачу от В к С

TEST L Q1,12,met5 ;если очередь на передачу меньше 18 то вниз, иначе на метку met5

TRANSFER ,metBC1 ; передача по каналам BC1

met5 TRANSFER BOTH,metBC1,metBC2 ;передача по каналам BC1,BC2

;Линия BC1

metBC1 SEIZE BC1 ;занять устройство - линию BC1

DEPART 2 ;выйти из очереди

ADVANCE 8,4 ;передача по линии BC1

Savevalue countStandartMode+,1 ;счетчик использования стандартного режима передачи

RELEASE BC1 ;освободить устройство - линию BC1

TERMINATE

;Линия BC2

metBC2 SEIZE BC2 ;занять устройство - линию BC2

DEPART 2 ;выйти из очереди

ADVANCE 8,4 ;передача по линии BC2

Savevalue countSRezervMode+,1 ;счетчик использования не стандартного режима передачи

RELEASE BC2 ;освободить устройство - линию BC2

TERMINATE

met1 savevalue countFullBufferA+,1 ;счетчик отказов на постановку в очередь на передачу AB

TERMINATE

met3 savevalue countFullBufferB+,1 ;счетчик отказов на постановку в очередь на передачу BC

TERMINATE

;ЗАВЕРШАЮЩИЙ ТРАНЗАКТ

GENERATE ,,1 ;генерация только одного транзакта

TEST

(x\$countStandartMode+x\$countRezervMode+x\$countFullBufferA+x\$countFullBufferB),1
000 ;когда сумма переменных станет = 1000 транзакт пройдет вниз, иначе проверка продолжится

SAVEVALUE

VeroyatnostRezerva,(x\$countRezervMode/(x\$countStandartMode+x\$countRezervMode))

;вероятность использования резерва

TERMINATE 1

START 1

П14. GPSS модель «Система обработки информации от удаленного объекта»

REALLOCATE XAC, 500

SIMULATE ;разрешает моделирование

BUFS EQU 1 ;символическое и числовое имена буфера системы

BUFC1 EQU 2 ;символическое и числовое имена буфера компьютера №1

BUFC2 EQU 3 ;символическое и числовое имена буфера компьютера №2

BUFC3 EQU 4 ;символическое и числовое имена буфера компьютера №3

BUFC4 EQU 5 ;символическое и числовое имена буфера компьютера №4

COMP1 EQU 6 ;символическое и числовое имена компьютера №1

COMP2 EQU 7 ;символическое и числовое имена компьютера №2

COMP3 EQU 8 ;символическое и числовое имена компьютера №3

COMP4 EQU 9 ;символическое и числовое имена компьютера №4

BUFC1 STORAGE 7 ;объём буфера компьютера №1

BUFC2 STORAGE 7 ;объём буфера компьютера №2

GENERATE 10 ;генерация транзактов

ENTER BUFS ;вход в буфер системы

TRANSFER .5,LBUF1,LBUF2;передача транзакта с вер. 0.5 на метки LBUF1,LBUF2

LBUF1 QUEUE 1 ;вход в очередь 1

ENTER BUFC1 ;вход в буфер первого компьютера

DEPART 1 ;выход из очереди

LEAVE BUFS ;выход из буфера системы

SBOY1 SEIZE COMP1 ;занятие первого компьютера

ADVANCE 18,5 ;задержка на 13 – 23 мкс

RELEASE COMP1 ;освобождение компьютера №1

TRANSFER .05,N1,SBOY1 ;переход с вероятностью 0.05 на метку SBOY1,иначе на ;N1

N1 LEAVE BUFC1 ;выход из буфера первого компьютера

TRANSFER .5,LBUF3,LBUF4;передача транзакта с вер. 0.5 на метки LBUF3,LBUF4

LBUF2 QUEUE 2 ;вход в очередь 2

ENTER BUFC2 ;вход в буфер второго компьютера

DEPART 2 ;выход из очереди

LEAVE BUFS ;выход из буфера системы

SBOY2 SEIZE COMP2 ;занятие второго компьютера

ADVANCE 18,5 ;задержка на 13 – 23 мкс

RELEASE COMP2 ;освобождение компьютера №2

TRANSFER .05,N2,SBOY2 ;переход с вероятностью 0.05 на метку SBOY2,иначе на ;N2

N2 LEAVE BUFC2 ;выход из буфера второго компьютера

TRANSFER .5,LBUF3,LBUF4;передача транзакта с вер. 0.5 на метки LBUF3,LBUF4

LBUF3 ENTER BUFC3 ;вход в буфер третьего компьютера

SBOY3 SEIZE COMP3 ;занятие третьего компьютера

ADVANCE 15,2 ;задержка на 13 – 17 мкс
RELEASE COMP3 ;освобождение компьютера №3
TRANSFER .1,N3,SBOY3 ;переход с вероятностью 0.1 на метку SBOY3, иначе на ;N3
N3 LEAVE BUFC3 ;выход из буфера третьего компьютера
TRANSFER ,LAST ;безусловный переход на метку LAST

LBUF4 ENTER BUFC4 ;вход в буфер четвёртого компьютера
SBOY4 SEIZE COMP4 ;занятие четвёртого компьютера
ADVANCE 15,2 ;задержка на 13 – 17 мкс
RELEASE COMP4 ;освобождение компьютера №4
TRANSFER .1,N4,SBOY4 ;переход с вероятностью 0.1 на метку SBOY4, иначе на ;N4
N4 LEAVE BUFC4 ;выход из буфера четвёртого компьютера

LAST TERMINATE ;удаление транзактов из системы
GENERATE 5000 ;генерирует транзакты каждые 5000 мкс (5 мс)
TERMINATE 1 ;удаление транзактов из системы и уменьшение ССМ на 1
START 1 ;установка нач. значения счётчика моделирования (1)

П15. GPSS модель «Сеть передачи данных через транзитный узел»

BUFA EQU 1 ; Присвоение имени емкости А
BUFB EQU 2 ; Присвоение имени емкости В
AB I EQU 1 ; Присвоение имени линии AB I
AB II EQU 2 ; Присвоение имени линии AB II
AB III EQU 3 ; Присвоение имени линии AB III
BC I EQU 4 ; Присвоение имени линии BC I
BC II EQU 5 ; Присвоение имени линии BC II
F11 EQU 1 ; Присвоение имени логической переменной F11
F12 EQU 2 ; Присвоение имени логической переменной F12
F13 EQU 3 ; Присвоение имени логической переменной F13
INITIAL X\$1,17 ; Установка начальных значений для линии AB I
INITIAL X\$2,18 ; Установка начальных значений для линии AB II
INITIAL X\$3,19 ; Установка начальных значений для линии AB III
INITIAL XH\$1,5 ; Установка начальных значений для линии AB I
INITIAL XH\$2,6 ; Установка начальных значений для линии AB II
INITIAL XH\$3,2 ; Установка начальных значений для линии AB III
SIMULATE ; Проведение моделирования
GENERATE 18,3,,800 ; Ввод пакетов в модель
QQQ1 GATE_LR F11,QQQ2 ; Проверка состояния fl 1
ASSIGN 1,1 ; Транзакты первого типа
LOGIC_S F11 ; Установка в 1 fl 1

LOGIC_S F13 ; Установка в 1 f13
 LOGIC_R F12 ; Установка в 0 f12
 TRANSFER ,VHOD ; Передача транзактов в пункт А
 QQQ2 GATE_LR F12,QQQ3 ; Проверка состояния f12
 ASSIGN 1,2 ; Транзакты второго типа
 LOGIC_S F12 ; Установка в 1 f12
 LOGIC_S F11 ; Установка в 1 f11
 LOGIC_R F13 ; Установка в 0 f13
 TRANSFER ,VHOD ; Передача транзактов в пункт А
 QQQ3 GATE_LR F13,QQQ1 ; Проверка состояния f13
 ASSIGN 1,3 ; Транзакты третьего типа
 LOGIC_S F13 ; Установка в 1 f13
 LOGIC_S F12 ; Установка в 1 f12
 LOGIC_R F11 ; Установка в 0 f11
 TRANSFER ,VHOD ; Передача транзактов в пункт А
 VHOD QUEUE BUFA ; Начало первой очереди
 SEIZE P\$1 ; Занятие пакетами первой линии
 DEPART BUFA ; Конец первой очереди
 ADVANCE X\$P\$1,XH\$P\$1 ; Время передачи по первой линии
 RELEASE P\$1 ; Освобождение первой линии
 QUEUE BUFB ; Начало второй очереди
 GATE_NU VCI,PROD ; Проверка состояний
 SEIZE VCI ; Занятие пакетами линии VCI
 DEPART BUFB ; Конец второй очереди
 ADVANCE 6,2 ; Время передачи по линии VCI
 RELEASE VCI ; Освобождение линии VCI
 TRANSFER ,FINAL ; Передача пакетов на выход
 PROD SEIZE VCII ; Занятие пакетами линии VCII
 DEPART BUFB ; Конец второй очереди
 ADVANCE 6,2 ; Время передачи по линии VCII
 RELEASE VCII ; Освобождение линии VCII
 FINAL TERMINATE 1 ; Пункт С. Выход пакетов из модели
 START 800

П16. GPSS модель «Брошюровочно-переплетный цех»

* Модель «Брошюровочно-переплетный цех»

* Дата и время создания 20 июня 2016 г. 12:06:37

* ТЭБ «Фальцевальная машина»

* Операторы модели

GENERATE 5,1
QUEUE OHER_1
SEIZE MASHINA_1
DEPART OHER_1
ADVANCE 17,2
RELEASE MASHINA_1
* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_1

* ТЭБ «Форзац приклеечная машина»
autoLabel_1 QUEUE OHER_2
SEIZE MASHINA_2
DEPART OHER_2
ADVANCE 20,3
RELEASE MASHINA_2
* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_2

* ТЭБ «Листоподборочная машина»
autoLabel_2 QUEUE OHER_3
SEIZE MASHINA_3
DEPART OHER_3
ADVANCE 20,5
RELEASE MASHINA_3
* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_3

* ТЭБ «Ниткошвейные машины»
autoLabel_3 QUEUE OHER_4
SEIZE MASHINA_4
DEPART OHER_4
ADVANCE 17,2
RELEASE MASHINA_4
* Выход №1 «»
TRANSFER ,autoLabel_4

* ТЭБ «Проклейки корешка блока»
autoLabel_4 QUEUE OHER_5
SEIZE MASHINA_5
DEPART OHER_5
ADVANCE 25,5
RELEASE MASHINA_5

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_5

* ТЭБ «Трехножевая резальная машина»

autoLabel_5 QUEUE OHER_6

SEIZE MASHINA_6

DEPART OHER_6

ADVANCE 10,2

RELEASE MASHINA_6

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_6

* ТЭБ «Крышкоделательная машина»

autoLabel_6QUEUEOHER_7

SEIZE MASHINA_7

DEPART OHER_7

ADVANCE 2,1

RELEASE MASHINA_7

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_7

* ТЭБ «Книговставочная машина»

autoLabel_7 QUEUE OHER_8

SEIZE MASHINA_8

DEPART OHER_8

ADVANCE 30,5

RELEASE MASHINA_8

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_8

* ТЭБ «Упаковочная машина»

autoLabel_8 QUEUE OHER_9

SEIZE MASHINA_9

DEPART OHER_9

ADVANCE 30,10

RELEASE MASHINA_9

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_9

* ТЭБ «Время работы системы»

GENERATE 1

TERMINATE

* ТЭБ «Готовый продукт»

```
autoLabel_9 TERMINATE
GENERATE 278
TERMINATE 1
START 1
```

П17. GPSS модель «Автомастерская»

* Модель «Автомастерская»

* Дата и время создания 31 января 2017 г. 15:35:00

* ТЭБ «Исходные данные моделирования»

Repair1 EQU 1

Repair2 EQU 2

Repair3 EQU 3

Tide EQU 1

DTsmal EQU 1

DTmedium EQU 2

DTlarge EQU 3

INITIAL x\$gen_time,26

*-----Логические переменные-----

Var1 BVARIABLE (R\$Repair2'GE'1+R\$Repair3'GE'1)#Q3'E'0

Var2 BVARIABLE R\$Repair2'GE'1

Var3 BVARIABLE R\$Repair3'GE'1

Var4 BVARIABLE SE\$Repair1

Var5 BVARIABLE (R\$Repair2'GE'2+R\$Repair3'GE'2)#Q3'E'0

Var6 BVARIABLE R\$Repair2'GE'2

Var7 BVARIABLE R\$Repair3'GE'2

Var8 BVARIABLE SE\$Repair3#LS1

Var9 BVARIABLE SE\$Repair2#LS1

*

*--Размер рабочих мест-----

Repair1 STORAGE 2

Repair2 STORAGE 4

Repair3 STORAGE 4

*

*-----Определения Таблиц-----

DTsmal TABLE M1,30,10,20 ;Время прибытия автомобилей с маленькими поломками

DTmedium TABLE M1,30,10,20 ;Время прибытия автомобилей с средними поломками

DTlarge TABLE M1,30,10,20 ;Время прибытия автомобилей с большими поломками

TERMINATE

* ТЭБ «Моделирование задержки привоза деталей»

GENERATE,,0,1

Again LOGICRTide ;Цикл времени задержки

ADVANCE3 ;ожидание деталей в течении 3 часов

LOGICSTide ;Отправка деталей с завода

ADVANCE10 ;Ожидание изготовления в течении 10 часов

TRANSFER ,Again ;Перейти обратно к 'Again'

TERMINATE

* ТЭБ «Прибытие машин»

GENERATE (Exponential(1,0,x\$gen_time)) ;Ремонтировать каждые 26 часов

TRANSFER ,autoLabel_1

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_1

* ТЭБ «Проверка уровня поломки машин»

autoLabel_1 TRANSFER 500,autoLabel_2,autoLabel_3 ; 50 маленьких

TERMINATE

* Выход №1 «»

* Выход №2 «»

* ТЭБ «Установка характеристик маленьких поломок»

autoLabel_2 ASSIGN Size,1 ;Тип поломки маленький

ASSIGN Capacity,1 ;время затраченное на ремонт

ASSIGN Quenum,1 ;-----

ASSIGNM_Unload,15 ;Среднее время анализа , поиска деталей или заказа их

ASSIGNM_Load,24 ;Среднее время ремонта

ASSIGN Loadsp,6 ;Load time spread

QUEUE1 ;Присоединиться к очереди автомобилей небольшой поломки

TRANSFER Both,Park1,Park2

Park1 GATE SNF Repair1

ASSIGN Repair_Num,1 ;Достигший рабочего места 1

TRANSFER ,autoLabel_4

Park2 TESTEBV\$Var1,1 ;Попытка ремонта 2 автомобилей из 3

TRANSFER Both,Bert2,Bert3 ;Попробуйте рабочее место 2 или 3

Bert2 TESTEBV\$VAR2,1 ;Рабочее место 2 доступно?

ASSIGN Repair_Num,2 ;Назначен к рабочему месту 3

TRANSFER ,autoLabel_4

Bert3 TEST E BV\$Var3,1 ;Рабочее место 3 доступно?

ASSIGN Repair_Num,3 ;Назначен к рабочему месту 3

TRANSFER ,autoLabel_4

TERMINATE

* ТЭБ «Проверка. Средняя ли поломка»

autoLabel_3TRANSFER 400,autoLabel_5,autoLabel_6 ; 20% от всех автомобилей
TERMINATE

* Выход №1 «»

* Выход №2 «»

* ТЭБ «Ремонт»

autoLabel_4ENTERP\$Repair_num,P\$Capacity ;Въезд в парк/мастерскую
DEPART P\$Quenum ;Плюс к очереди

ADVANCE P\$M_Unload,(Exponential(1,0,1)) ;Среднее время анализа ,
;поиска деталей или заказа их

ADVANCE P\$M_Load,P\$Loadsp ;Среднее время ремонта

TEST E P\$Size,3,autoLabel_7 ;Большая поломка?

GATE LSDelayTime ;Ожидание заказанных деталей

TRANSFER ,autoLabel_7

* Выход №1 «»

TRANSFER ,autoLabel_7

* ТЭБ «Установка характеристик средних поломок»

autoLabel_5PRIORITY 2 ;Все автомобили со средними поломками входят сюда

ASSIGN Size,2 ;Тип поломки средний = 2

ASSIGN Capacity,2 ;Уровень ремонта средних поломок = 2

ASSIGN Quenum,2 ;Очередь 2 для средних поломок

ASSIGN M_Unload,30 ;Среднее время анализа , поиска деталей или заказа их

ASSIGN M_Load,36 ;Среднее время ремонта

ASSIGN Loadsp,10 ;Время на протяжении ремонта

QUEUE2 ;Присоединение к очереди автомобилей с маленькой поломкой

TRANSFER Both,Compartment1,Compartment2

Compartment1 TEST E BV\$Var4,1 ;Достижение мастерской 1

ASSIGN Repair_Num,1 ;Назначен к мастерской 1

TRANSFER , autoLabel_4 ;Передача для обработки

Compartment2 TEST E BV\$Var5,1 ;Достижение мастерской 2 или 3

TRANSFER Both,Compartment4,Compartment3 ; Использование мастерской 2 первой

Compartment4 TEST E BV\$Var6,1 ;Мастерская 2 доступна ?

ASSIGN Repair_Num,2 ;Назначен к мастерской 1

TRANSFER ,autoLabel_4 ;Передача для обработки

Compartment3 TEST E BV\$Var7,1 ;Достижение мастерской 3

ASSIGN Repair_Num,3 ;Назначен к мастерской 3

TRANSFER ,autoLabel_4 ;Передача для обработки

TERMINATE

* ТЭБ «Установка характеристик больших поломок»

autoLabel_6PRIORITY 3 ;Все автомобили с большими поломками входят сюда

ASSIGN Size,3 ;Тип поломок большой = 3
ASSIGN Capacity,4 ;Уровень ремонта больших поломок = 4
ASSIGN Quenum,3 ;Очередь 3 для ,автомобилей с большими поломками
ASSIGNM_Unload,45 ;Среднее время анализа , поиска деталей или заказа их
ASSIGNM_Load,56 ;Среднее время ремонта
ASSIGN Loadsp,12 ;Время на протяжении ремонта
QUEUE3 ;Присоединение к очереди автомобилей с большими поломками
TRANSFER Both,First,Second ; Пробуйте мастерскую 3 и мастерскую 2
First TESTE BV\$Var8,1 ;Достижение мастерской 3 первой
ASSIGN Repair_Num,3 ;Мастерская 3 используем её
TRANSFER ,autoLabel_4 ;Передача для анализа/ремонта
Second TESTEBV\$Var9,1 ;Достижение ремонтной 2 вторым
ASSIGN Repair_Num,2 ;Достижение ремонтной 2 первым
TRANSFER ,autoLabel_4
TERMINATE

* ТЭБ «Выезд автомобиля на маршрут»

autoLabel_7 LEAVE P\$Repair_Num,P\$Capacity ;Время ремонта
TABULATE P\$Quenum ;Свод транзитного времени по типу поломок
TERMINATE

* ТЭБ «Управление временем моделирования»

GENERATE24 ;2 рабочих дня в день
TERMINATE1 ;Часы работают в данный момент/день
START 500

Учебное издание

Р а м и л ь Ф а р у к о в и ч М а л и к о в

Практикум по дискретно-событийному моделированию
сложных систем в расширенном редакторе GPSS World

Редактор Т.В. Подкопаева

Технический редактор И.В. Пономарев

Лиц.на издат. деят. Б848421 от 03.11.2000 г. Подписано в печать
21.01.2017. Формат 60X84/16. Компьютерный набор. Гарнитура Times New
Roman. Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. – 17. Уч.-изд. л. – 16,8.
Тираж 200 экз. Заказ №

ИПК БГПУ 450000, г. Уфа, ул. Октябрьской революции, 3а

Маликов Рамиль Фарукович, профессор, доктор физико-математических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Системный анализ и математическое моделирование» Башкирского государственного педагогического университета им. М.Акмиллы.



Научные интересы профессора Р.Ф.Маликова сконцентрированы в области нелинейной оптики, математического моделирования сложных процессов и систем. Автор свыше 200 научных и учебно-методических работ, в том числе более 15 книг. Отличник образования Республики Башкортостан (1998). Почетный работник ВПО РФ (2008). E-mail: rfmalikov@mail.ru

Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в расширенном редакторе GPSS World

В практикуме приведены основные сведения по системе программирования GPSS и инструментальной среде-студии «Расширенный редактор GPSS World ». Представлена парадигма об уровнях имитационного моделирования, согласно которой даны методические рекомендации по разработке имитационных моделей и имитационным исследованиям (производственные процессы, транспортные сети, разные сферы массового обслуживания, информационные процессы в узлах компьютеров и вычислительных сетях) в расширенном редакторе GPSS World.

Предназначено для бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям подготовки 09.00.00 - «Информатика и вычислительная техника», для преподавателей, аспирантов, а также для инженеров, научных работников, специализирующихся в области дискретно-событийного моделирования производства, транспорта и разных сфер массового обслуживания.