

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа экономики и управления
Кафедра «Информационные технологии в экономике»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, ведущий программист

ПАО «ЧТПЗ»

_____/ М.В. Екимов

«__» _____ 20__ г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой, д.т.н., с.н.с

_____/ Б.М. Суховилов

«__» _____ 20__ г.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОГЛАСОВАНИЯ СДЕЛОК КОМПАНИИ
ЧТПЗ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ЮУрГУ – 09.04.03.2018.888.ВКР

Руководитель, к.т.н., доцент

_____/ Г.А. Поллак

«__» _____ 20__ г.

Автор

студент группы ЭУ-221

_____/ Л.Ю. Ситникова

«__» _____ 20__ г.

Нормоконтролер, доцент

_____/ Е.А. Конова

«__» _____ 20__ г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Ситникова, Л.Ю. Оптимизация процесса согласования сделок компании ЧТПЗ методом имитационного моделирования/
Л.Ю. Ситникова. – Челябинск: ЮУрГУ, ЭУ- 221, 2018. – 120 с., 19 илл., библиогр. список – 19 наим., 1 прил.

Разработана имитационная модель процесса согласования сделок ПАО «Челябинский трубопрокатный завод» на поставку промышленной продукции. В качестве инструментального средства для разработки использована среда Anylogic.

Актуальность темы подтверждается тем, что на данном этапе происходит тесное взаимодействие с клиентом и уточнение всех условий заказа. Длительное ожидание обратной связи может привести к отказу клиента от сотрудничества, что оборачивается для предприятия финансовыми потерями.

В процессе работы изучен регламент процесса ввода и согласования сделок в различных службах компании. Проведен анализ среднего времени обработки сделки каждым узлом. Впервые для конкретного производства построена концептуальная модель процесса согласования сделок.

Выявлены «узкие места» и предложены конкретные рекомендации по оптимизации данного процесса.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 МЕТОДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	6
1.1 Постановка задачи	6
1.2 Имитационное моделирование и его основные этапы	8
1.3 Виды имитационного моделирования	12
1.4 Системы массового обслуживания	14
1.5 Обзор сред имитационного моделирования.....	16
Выводы по главе один	21
2 РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СОГЛАСОВАНИЯ СДЕЛОК	22
2.1 Построение концептуальной модели	22
2.2 Проведение эксперимента на основе регламентных данных	25
2.2.1 Построение имитационной модели.....	25
2.2.2 Выходные данные	28
2.2.3 Задание на исследование.....	29
2.2.4 Ввод исходных данных	30
Окончания таблицы 9	31
2.2.5 Построение событийной части модели	31
2.2.6 Переключение между областями просмотра	42
2.2.7 Сбор статистики среднего времени согласования сделок.....	43
2.2.8 Интерпретация результатов	45
2.3 Проведение эксперимента на основе фактических данных	47
2.4 Проведение оптимизационного эксперимента	49
Выводы по главе два.....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	58
ПРИЛОЖЕНИЕ А Выдержка из регламента ввода и согласования позиций сделок ПАО «ЧТПЗ».....	60

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время множество предприятий сталкиваются с проблемой принятия решений – выбора наилучшего варианта способа достижения цели управления с учетом всех особенностей производства. Учитывая то, что каждый из них имеет, как правило, свои достоинства и недостатки, сложно предугадать, к чему приведет выбор той или иной альтернативы. Впоследствии неправильное решение может обернуться для компании серьезными финансовыми потерями.

Одно из путей решения – создание «цифровых копий» предприятия (Digital Twin).

Цифровой двойник – это виртуальное воспроизведение рабочего состояния любого реального физического объекта, процесса, системы или целой службы, например, изделия, оборудования, технологического процесса, производственных участков, цехов или даже заводов. Цифровые копии создаются целью изучения и оптимизации работы физических прототипов [1].

Благодаря современным технологиям можно моделировать развитие событий в зависимости от тех или иных условий и факторов, находить наиболее эффективные режимы работы, выявлять потенциальные риски, встраивать новые технологии в существующие производственные линии, сокращать сроки и стоимость реализации проектов [2].

Цифровыми двойниками могут служить имитационные модели, поскольку они позволяют с помощью средств вычислительной техники строить модели, описывающие процессы так, как они происходили бы в действительности.

Создание цифровых двойников только начало получать распространение на промышленных предприятиях. Поэтому данная концепция стала актуальна для ПАО «ЧТПЗ».

Процесс согласования сделок на ПАО «ЧТПЗ» занимает 35% всего времени прохождения заказа. Задержки на данном этапе оказывают существенное влияние на общее время исполнения всего заказа, что подтверждает актуальность проблематики.

Целью работы является исследование технологического процесса согласования сделок на ПАО «ЧТПЗ» и оптимизация этого процесса путем построения имитационной модели.

Исходя из цели работы, поставлены следующие **задачи**:

1. Изучение и описание текущего бизнес-процесса;
2. Проведение анализа среднего времени нахождения сделки на узлах согласования;
3. Построение концептуальной модели;
4. Разработка и верификация имитационной модели;
5. Проведение оптимизационных экспериментов;
6. Выявление «узких мест» и предложение путей их решения.

Объект исследования – предприятие металлургической отрасли.

Предмет исследования – оптимизация процесса согласования сделок компании ПАО «Челябинский трубопрокатный завод».

Практическая значимость разработанной имитационной модели состоит в возможности ее использования на ПАО «ЧТПЗ».

Структура и объем работы

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи, показана практическая значимость.

В первой главе представлены методы имитационного моделирования, проведен обзор существующих сред, выявлены их достоинства и недостатки.

Во второй главе описано построение концептуальной модели. Разработана имитационная модель процесса согласования сделок. Проведены эксперименты на регламентных и реальных данных. Выявлены «узкие места» и сформированы мероприятия по оптимизации процесса.

В заключении сформулированы основные результаты дипломной работы.

1 МЕТОДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1 Постановка задачи

Согласование сделки – один из основных этапов процесса прохождения заказа. Под *сделкой* подразумевается обращение потенциального покупателя, зарегистрированное в корпоративной информационной системе, с целью предоставления информации о возможности и сроках поставки, содержащее данные о технических требованиях, сортаменте продукции, количестве, дополнительных требованиях, условиях поставки и оплаты, а также цене.

Тема оптимизации процесса согласования сделок на ЧТПЗ является актуальной, поскольку именно на данном этапе происходит тесное взаимодействие с клиентом и уточнение всех условий. От качества работы служб завода будет зависеть, на сколько быстро клиент получит всю необходимую для него информацию.

Длительное ожидание обратной связи может привести к отказу клиента от сотрудничества, сделав выбор в пользу более оперативной компании. В свою очередь, для предприятия это оборачивается как временными, так и финансовыми потерями.

В компании существует два вида клиентов: труднообрабатываемые (ТОК) и все остальные.

Труднообрабатываемый клиент – контрагент, ввод и обработка сделок и заказов которого являются трудоемкими из-за их большого количества, по запросам которого ввод позиций сделок в КИС является ответственностью отдела загрузки производства. Перечень ТОК согласовывается дирекцией по управлению цепью поставок и утверждается коммерческой дирекцией.

В рамках данной работы изучен регламент процесса ввода и согласования сделки. В результате выявлено, что для ТОК процесс согласования длится от 2 до 8 дней, а для не ТОК от 2 до 9 дней (табл. 1).

В нынешних условиях рынка это довольно длительный период. Поэтому в данном разрезе компания упускает одно из главных конкурентных преимуществ.

Таблица 1 – Время согласования сделок для разных типов клиентов

Категория клиентов	Длительность согласования			
	в часах		в днях	
	Мин	Макс	Мин	Макс
ТОК	15	63	1,9	7,9
не ТОК	17	73	2,1	9,1

Для того чтобы понять, как процесс работает в реальном времени, проведен анализ среднего времени нахождения позиции на узле согласования. В таблице 2 представлена информация о количестве сделок и времени согласования за 2017 год.

Таблица 2 – Анализ среднего времени нахождения позиции на узле согласования за год

Узел (ЧТПЗ)	Кол-во сделок	Общее время	Среднее время	
			Часы	Дни
Группа бесшовных труб	6892	27626	3,9	0,5
Группа нормирования материалов	8319	5194	0,6	0,1
Группа по работе с поставщиками металла	262	988	4,0	0,5
Группа сварных труб	1751	10511	5,9	0,7
Менеджер (ЧТПЗ)	5459	238763	44,3	5,5
Начальник управления закупки материально-технических ресурсов	111	6724	50,9	6,4
ОЗП	12408	82255	6,6	0,8
ОПП	8494	37736	4,4	0,5
Отдел ценообразования (ОЦ)	9480	15170	1,6	0,2
ПДБ цеха №1	401	6974	13,5	1,7
ПДБ цеха №2	309	2575	8,4	1,0
ПДБ цеха №3	24	86	4,3	0,5
ПДБ цеха №5	99	690	9,2	1,2
ПДБ цеха №6	60	363	5,7	0,7
Покрытие на стороне (ПП КС)	1031	23373	22,9	2,9
Техбюро ТЭСЦ "Высота 239"	111	532	4,1	0,5
Техбюро цеха №1	1998	16864	7,5	0,9
Техбюро цеха №5	315	11597	36,3	4,5
Техбюро цеха №6	213	1275	5,7	0,7
ТО (дополнительная проработка)	652	5597	8,4	1,0
Управление экономикой	338	2272	6,4	0,8
Управление закупки сырьевых ресурсов	1465	53473	31,4	3,9

--	--	--	--	--

Максимальное время обработки сделки происходит на узле менеджера (5 дней), начальника управления закупки материально-технических ресурсов (6 дней), технического бюро цеха №5 и управления закупки сырьевых ресурсов (4 дня). Практически каждая сделка при согласовании проходит вышеперечисленные узлы. Следовательно, фактическое время согласования составляет в среднем 10-15 дней, что в 2 раза превышает сроки, установленные регламентом.

Для более полного понимания причин задержек необходимо детально углубиться в изучение данного бизнес-процесса и понять, на каком этапе они больше всего выражены. Для проведения исследования был сделан выбор в пользу построения имитационной модели.

1.2 Имитационное моделирование и его основные этапы

Имитационное моделирование – метод исследования с использованием вычислительной техники и проведением ряда экспериментов, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с целью получения информации об этой системе [3].

Имитационное моделирование экономических процессов позволяет конструировать образцы, описывающие процессы таким образом, как будто бы они функционировали в действительности. Применяя их, есть возможность получить устойчивую и достоверную статистику. Исходя из этих данных, можно выбрать оптимальный путь развития организации.

Имитационное моделирование рекомендуется использовать в тех случаях, когда:

- эксперименты с реальным объектом сопряжены с большими затратами;
- невозможно построить аналитическую модель по различным причинам;
- необходимо полученный результат оценить с учетом временных рамок.

Имитационное моделирование состоит из двух основных этапов: создания модели и анализа полученных с помощью модели результатов с целью принятия решения.

Сперва необходимо определить, какие задачи будут решаться с помощью имитационного моделирования, т. е. сформулировать цели. От цели зависит то, какие процессы реальной системы будут отражены в модели, а от каких следует абстрагироваться. Какие характеристики учитывать, а какие – нет. И наконец определить, какие соотношения между параметрами и переменными модели должны быть отражены в модели. Данный этап представляет собой создание концептуальной модели, которая приведена в главе 2.

Затем построенная модель должна быть проверена с точки зрения корректности ее реализации.

На следующем этапе происходит калибровка (идентификация) модели. Калибровка – это сбор данных и проведение измерений тех характеристик в реальной системе, которые должны быть введены в модель в виде значений параметров и распределений случайных величин.

Далее, необходимо выполнить проверку адекватности модели (ее валидацию). Данный этап состоит в том, что выход модели проверяется на нескольких тестовых режимах, в которых, характеристики поведения реальной системы известны либо очевидны.

Финальным этапом работы с моделью является компьютерный эксперимент. В простейшем случае эксперимент – это выполнение модели при различных значениях ее исходных параметров (факторов) и наблюдение за ее поведением с регистрацией характеристик поведения. Этот вид использования модели называется прогнозом или экспериментом типа «что будет, если...». Главное преимущество компьютерного моделирования заключается в том, что оно позволяет не только прогнозировать поведение модели, но и определять, какие управляющие воздействия на систему приведут к наилучшему исходу событий.

Более сложные эксперименты позволяют выполнить анализ чувствительности модели, оценку рисков различных вариантов управляющих решений, а также оптимизацию для определения параметров и условий рационального функционирования модели [4].

Одним из основных вопросов является представление и анализ результатов моделирования. Для этого в инструментальной среде могут быть использованы специальные средства для обработки статистической информации, для представления в структурированном или графическом виде получения данных, интеграция с внешними базами данных и т.п.

В таблице 3 представлены основные этапы компьютерного моделирования.

Таблица 3 – Этапы компьютерного моделирования

№ п/п	Название этапа	Результат
1	Анализ системы	Понимание того, что происходит в системе, какова ее структура, какие процессы в ней протекают
2	Формулировка цели моделирования системы	Список задач, которые предполагается решить с помощью будущей модели. Список входных и выходных параметров модели, исходных данных, критериев завершенности будущего исследования
3	Разработка концептуальной структуры модели	Структура модели, состав существенных процессов, подлежащих отображению в модели, зафиксированный уровень абстракции для каждой подсистемы модели (список допущений), описание управляющей логики для подсистем
4	Реализация модели в среде моделирования	Реализованные подсистемы, их параметры и переменные, их поведение, реализованная логика и связи подсистем
5	Реализация анимационного представления модели	Анимационное представление модели, интерфейс пользователя
6	Проверка корректности реализации модели	Подтверждение того, что модель корректно отражает процессы реальной системы, которые требуется анализировать
7	Калибровка модели	Фиксация значений параметров, коэффициентов уравнений и распределений

		случайных величин, отражающих те ситуации, для анализа которых модель будет использоваться
8	Планирование и проведение компьютерного эксперимента	Результаты моделирования — графики, таблицы и т.п., дающие ответы на поставленные вопросы

Обычно имитационная модель используется в качестве модуля большей системы принятия решения, которая получает в режиме реального времени данные мониторинга состояния управляемой системы. Данная система позволяет оценивать последствия, к которым может привести текущая ситуация, и предлагать оптимальное (или рациональное) управляющее решение для снижения негативных последствий развития системы в будущем.

Имитационные модели имеют множество преимуществ по сравнению с выполнением экспериментов над реальной системой и использованием других методов.

- *Стоимость.* Проведение экспериментов над реальной системой могут привести к большим финансовым затратам. Для принятия обоснованного решения с помощью имитационной модели, необходимы затраты на программное обеспечение и консалтинговые услуги.

- *Время.* В реальности для того, чтобы оценить эффективность принятого решения, понадобится длительное время. Имитационная модель позволяет определить оптимальность подобных изменений за считанные минуты.

- *Повторяемость.* Имитационная модель позволяет провести неограниченное количество экспериментов с разными исходными данными, чтобы выбрать наилучший вариант.

- *Точность.* В отличие от традиционных расчетных математических методов, имитационное моделирование позволяет описать структуру системы и её процессы в естественном виде, не прибегая к использованию формул и строгих математических зависимостей.

- *Наглядность.* Имитационная модель имеет возможность визуализации процесса работы системы во времени, схематичного задания её структуры и выдачи результатов в графическом виде.

- *Универсальность.* Имитационное моделирование позволяет решать задачи из любых областей: производства, логистики, финансов, здравоохранения и многих других. В каждом случае модель имитирует, воспроизводит, реальную жизнь и позволяет проводить широкий набор экспериментов без влияния на реальные объекты [5].

Таким образом, имитационные модели позволяют проверить, правильно ли эксперт понимает процессы в исследуемом объекте, и выявить в различных конкретных случаях параметры порядка. Знание последних и дает возможность строить простые модели сложных явлений.

1.3 Виды имитационного моделирования

Имитационное моделирование экономических процессов имеет несколько видов, схема приведена на рисунке 1:

- агентное моделирование;
- дискретно-событийное моделирование;
- системная динамика.



Рисунок 1 – Виды имитационного моделирования

Агентное моделирование – относительно новое (1990 – 2000 гг.) направление в имитационном моделировании, использующееся для исследования децентрализованных систем. Динамика функционирования таких систем определяется не глобальными правилами и законами (как в других парадигмах моделирования), а наоборот, когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Целью агентных моделей является получение представлений об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных объектов и взаимодействиях этих объектов в системе. Агент – некая сущность, которая обладает активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться.

Дискретно-событийное моделирование – подход к моделированию, который предлагает абстракцию от непрерывной природы событий и рассмотрение лишь основных событий моделируемой системы, таких как: «ожидание», «обработка заказа», «движение с грузом», «разгрузка» и др. Дискретно-событийное моделирование наиболее развито и имеет огромную сферу приложений – от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем. Этот вид моделирования наиболее подходит для моделирования производственных процессов. Основан Джеффри Гордоном в 1960-х годах.

Системная динамика – парадигма моделирования, где для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере. По существу, такой вид моделирования более всех других парадигм помогает понять суть происходящего выявления причинно-следственных связей между объектами и явлениями. С помощью системной динамики строят модели бизнес-процессов, развития города, модели производства, динамики популяции, экологии и развития эпидемии. Метод основан Джеймсом Форрестером в 1950 годах [6].

1.4 Системы массового обслуживания

Процесс согласования сделок представляет собой систему массового обслуживания.

Системы массового обслуживания (СМО) – это модели систем, в которые в случайные моменты времени извне или изнутри поступают заявки. Они должны тем или иным образом быть обслужены системой. Длительность обслуживания чаще всего случайна [7].

СМО представляет собой совокупность обслуживающего оборудования и персонала при соответствующей организации процесса обслуживания.

Основной задачей теории СМО является изучение режима функционирования обслуживающей системы и исследование явлений, возникающих в процессе обслуживания. К примеру, время пребывания заявки в очереди является одной из характеристик обслуживающей системы. Это время можно сократить путем увеличения обслуживающих устройств. Однако, следует понимать, что каждое дополнительное устройство требует некоторого вложения денежных средств. При этом увеличивается время бездействия обслуживающего устройства из-за отсутствия требований на обслуживание, что также является негативным явлением. Поэтому в теории СМО возникают задачи оптимизации: каким образом достичь определенного уровня обслуживания (максимального сокращения очереди или потерь требований) при минимальных затратах, связанных с простоем обслуживающих устройств.

СМО включает следующие элементы.

Источник – это устройство или множество, из которого требования поступают в систему для обслуживания. Источник называют бесконечным или конечным в зависимости от того, бесконечное или конечное число требований содержится в нем.

Входящий поток – это требования, поступающие из источника на обслуживание. Само требование можно рассматривать как запрос на удовлетворение какой-то потребности. Примерами входящих потоков являются поток информа-

ции, поступающей на обработку в ЭВМ; поток заявок на АТС; поток клиентов, приходящих в ателье, и больных в поликлинику, поток прибывающих в порт судов; налетающие на объект удара самолеты и ракеты противника и т. д.

Обслуживающая система – это множество технических средств или производственного персонала (различного рода установки, приборы, устройства, тоннели, взлетно-посадочные полосы, линии связи, продавцы, бригады рабочих или служащих, кассиры и т. д.), выполняющих функции обслуживания. Все перечисленное выше объединяется одним названием «канал обслуживания» (обслуживающий прибор). Состав системы определяется количеством каналов (приборов, линий). По количеству каналов системы можно подразделить на одноканальные и многоканальные.

Выходящий поток – это поток требований, покидающих систему после обслуживания. Сюда включаются и требования, которые покинули систему, не пройдя обслуживания.

Входящий поток, функционирование обслуживающей системы как результат обслуживания, выходящий поток подлежат количественному описанию. Для того чтобы проводить математическое исследование процесса массового обслуживания, необходимо полно определить систему обслуживания, для чего требуется выполнить следующие действия.

- Задание входящего потока. Здесь имеются в виду как средняя интенсивность поступления требований, так и статистическая модель их поступления (т. е. закон распределения моментов поступления требований в систему).
- Задание механизма обслуживания. Это означает указание того, когда обслуживание допустимо, сколько требований может обслуживаться одновременно и как долго длится обслуживание. Последнее свойство обычно характеризуют статистическим распределением длительности обслуживания (закон распределения времени обслуживания).
- Задание дисциплины обслуживания. Это означает указание способа, по которому происходит отбор одного требования из очереди (если она есть) на об-

служивание. В простейшем варианте дисциплина обслуживания заключается в обслуживании требований в порядке их поступления (справедливый принцип), однако существует и много других возможностей [8].

Задача анализа СМО заключается в определении ряда показателей ее эффективности, которые можно разделить на следующие группы:

- показатели, характеризующие систему в целом: число занятых каналов обслуживания, число обслуженных, ожидающих обслуживания или получивших отказ заявок в единицу времени и т.д.;
- вероятностные характеристики: вероятность того, что заявка будет обслужена или получит отказ в обслуживании, что все приборы свободны или определенное число их занято, вероятность наличия очереди и т.д.;
- экономические показатели: стоимость потерь, связанных с уходом не обслуженной по тем или иным причинам заявки из системы, экономический эффект, полученный в результате обслуживания заявки, и т.д. [9]

1.5 Обзор сред имитационного моделирования

Существует множество средств имитационного моделирования. Наиболее распространенными из них являются:

- Arena [10];
- Extend [11];
- AnyLogic [12];
- AutoMod [13];
- Promodel [14].

Характеристики вышеперечисленных инструментариев представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика сред ИМ

Характеристика среды	Arena	ExtendSim	Anylogic	Automod	Promodel
-----------------------------	--------------	------------------	-----------------	----------------	-----------------

Год выпуска	1998	1988	1999	1999	1999
Разработчик	Rockwell Software	Imagine That, Inc.	XJ Technologies	Applied Materials Inc.	PROMODEL Corporation

Продолжение таблицы 4

Характеристика среды	Arena	ExtendSim	Anylogic	Automod	Promodel
Специализированный язык	Нет	ModL	Java	Встроенный язык	Встроенный язык
Вид библиотек	Стандартные	Стандартные	Стандартные	Настраиваемые шаблоны	Настраиваемые шаблоны
Создание пользовательских библиотек и шаблонов	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет
Связь с внешними приложениями	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Анимация	Трехмерная	Трехмерная	Трехмерная	Трехмерная	Трехмерная
Документирование	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Импорт чертежей	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Парадигмы ИМ: А) динамические системы	Нет	Нет	Есть	Нет	Нет
Б) системная динамика	Нет	Нет	Есть	Нет	Нет
В) дискретно-событийное моделирование	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Г) агентное моделирование	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет
Д) комбинированный подход	Нет	Есть	Есть	Нет	Нет
Иерархия	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Модуль оптимизации	OptQuest	Встроенный	OptQuest	AutoStat	SimRunner

Характеристика среды	Arena	ExtendSim	Anylogic	Automod	Promodel
Потоки случайных чисел	Неограниченное число	Неограниченное число	Неограниченное число	Неограниченное число	100 потоков
Стандартные теоретические распределения	12	18	29	7	20

Окончание таблицы 4

Характеристика среды	Arena	ExtendSim	Anylogic	Automod	Promodel
Эмпирические распределения	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Независимые прогоны моделируемой системы	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Разработка сценариев	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Планирование статистических экспериментов	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Интерактивный отладчик	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Разработка интерфейса для пользователя	Нет	Нет	Есть	Нет	Нет
Операционная система, версия не ниже	Windows 2000	Windows 2000, Mac OS X 10.4	Windows 2000, Apple Mac OS X 10.4, SuSE Open Linux 10.2, Ubuntu Linux 7.04	Windows XP	Windows 2000
Рекомендуемые требования к оперативной памяти	256 Мб (512 Мб и более)	256 Мб (2 Гб)	1 Гб	512 Мб	512 Мб
Наличие демо-версии	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет

Для проведения сравнительного анализа сред имитационного моделирования необходимо задать критерии. Наиболее важными из них являются.

1. Основные характеристики, такие как описание логики поведения объекта на встроенном языке, использование различных парадигм ИМ, поддержка иерархического моделирования сложных систем, обеспечение разработки сценариев моделирования, простота освоения среды моделирования, возможность интерактивной отладки и разработки интерфейса для пользователя модели, поддержка непрерывно-дискретного моделирования, импорт и экспорт данных, связь среды ИМ с другим программным обеспечением.

2. Требования к оборудованию и программному обеспечению – вид и версия операционной системы, объем оперативной памяти.

3. Поддержка пользователя среды (наличие справочного материала, демо-версии и осуществление технической поддержки).

4. Реализация анимации и динамической графики, обеспечивающих визуализацию модели и отображение ее параметров (часы, шкалы, графики и т.д.).

5. Формирование отчетов с выходными данными, графиками, диаграммами, оценкой и параметров модели и т.д.

6. Различные статистические возможности, такие как возможность задания потоков независимых случайных величин, возможность задания эмпирических распределений, осуществление независимых прогонов модели, планирование проведения статистических экспериментов, оптимизация параметров модели.

Вышеперечисленные среды ИМ имеют следующие возможности: предоставление визуального интерфейса разработки моделей, что облегчает их применение для непрограммируемого пользователя; поддержки иерархии в структуре модели, обеспечивающей четкую и наглядную структуру; обеспечения связи с внешними приложениями; трехмерной анимации; документирования; отладки; анализа; оптимизации модели имитируемой системы. Все среды, кроме «PROMODEL Corporation» имеют возможность загрузки демоверсии.

Отличительными особенностями приведенных сред ИМ являются вид библиотеки элементов, наличие специализированного языка, возможность разработки интерфейса для пользователя модели, требования к оперативной памяти и программному обеспечению ЭВМ, возможность создания пользовательских библиотек и шаблонов, импорт чертежей, парадигмы моделирования.

Далее рассмотрены эти различия более подробно.

Специализированные среды ИМ отличаются поддержкой, в качестве шаблонов, уже созданных объектов, имитирующих элементы и процессы производства. Универсальные среды могут имитировать производственные системы, но для разработки модели требуются большие затраты времени. Однако у них имеется возможность создания пользовательских библиотек и шаблонов.

Все рассмотренные среды, за исключением Extended, поддерживают импорт чертежей из систем автоматизированного проектирования (например, Autocad).

Рассматриваемые среды позволяют создавать модели непрерывных и дискретных систем с помощью ДС-подхода.

Среда ИМ Anylogic имеет ряд преимуществ: обладает всеми свойствами, необходимыми для разработки имитационных моделей; возможность выбора между парадигмами или применение комплексного подхода; наличие всех парадигм ИМ (высокая гибкость выбора подхода); возможность использования полнофункциональной версии для учебных целей. Данная среда предоставляет возможность экспортировать разработанную модель в приложение или апплет, обеспечивая этим доступность применения результатов исследования заказчиками проекта. Anylogic разработана на универсальном языке программирования Java, что позволяет среде не зависеть от вида операционной системы. К тому же Anylogic является одной из наиболее распространённых сред ИМ в России и применяется в различных областях: производственных, социально-экономических, транспортных и др.

Выводы по главе один

Описаны этапы и виды имитационного моделирования. Рассмотрено понятие имитационного моделирования и его основные виды. Выявлено, что процесс согласования сделок можно описать с помощью системы массового обслуживания. Проведен обзор наиболее распространённых сред имитационного моделирования. В качестве разработки выбран инструмент AnyLogic.

2 РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СОГЛАСОВАНИЯ СДЕЛОК

2.1 Построение концептуальной модели

Технология создания имитационных моделей включает в себя несколько этапов, первым из которых является создание концептуальной модели.

Концептуальная модель – модель, представленная множеством понятий и связей между ними, определяющих смысловую структуру рассматриваемой предметной области или её конкретного объекта. [15] Построение концептуальной модели обычно происходит в два этапа. На первом этапе производится сбор и анализ характеристик данных и строятся так называемые модели локальных представлений (локальные модели). Чаще всего локальная модель отражает представление отдельного пользователя (отдельной функциональной задачи). Иногда такая модель может описывать и некоторую независимую область данных нескольких функциональных задач (нескольких приложений). Необходимо отметить, что моделирование представлений отдельных пользователей приводит к снижению уровня интеграции данных. Поэтому концептуальная модель строится на основе совместных представлений группы пользователей. Единственный недостаток данного метода – повышение сложности проектирования [16].

Сам процесс заключается в создании первоначальной схемы. В дальнейшем разработчик сможет применять ее для реализации программного обеспечения. Чтобы дать описание сложной системы, используется некий алгоритм поведения компонентов данной системы, отражая, таким образом, их взаимодействие между собой. Бывают случаи, когда информации, содержащейся в описании, оказывается недостаточно, чтобы понять и изучить объект моделирования. Чтобы исправить данное упущение, следует возвратиться к этапу составления оглавления и добавить те данные, отсутствие которых было установлено при формализации объекта [17].

Для построения концептуальной модели использовался инструментарий Microsoft Visio – программное решение для создания графиков, диаграмм, черте-

жей, блок-схем и прочей графики, способной связать информацию и упростить её предоставление [18].

На рисунке 2 представлена концептуальная модель согласования сделок. Процесс состоит из 14 задач и включает в себя работу семи узлов.

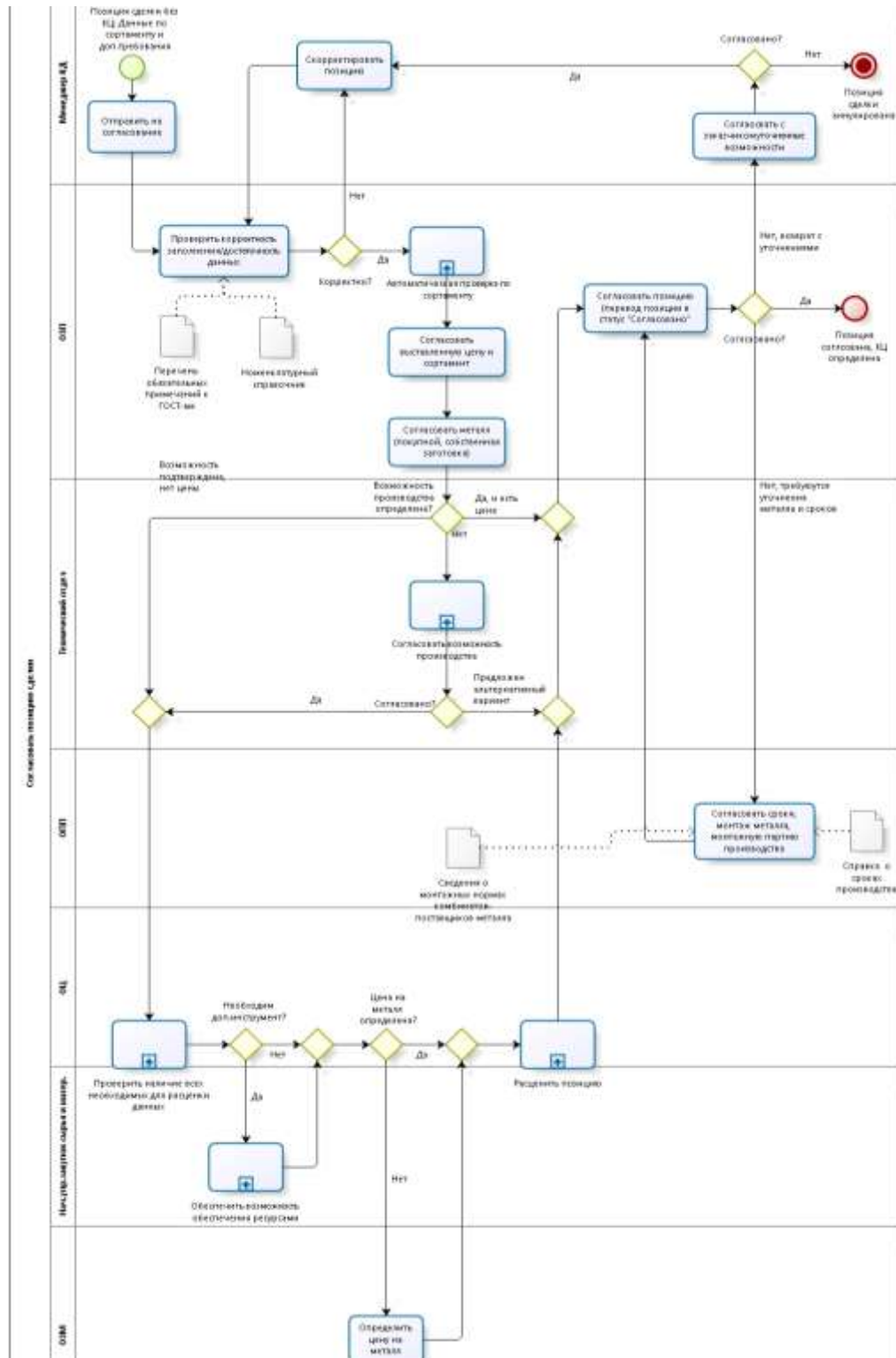


Рисунок 2 – Концептуальная модель процесса согласования сделки

При получении запроса от клиента, менеджер оформляет сделку и отправляет ее на согласование в отдел загрузки производства (ОЗП). ОЗП проверяет корректность/достаточность данных, и в случае наличия недочетов направляет позицию обратно менеджеру на корректировку, иначе согласует выставленную цену, сортамент и металл. Затем ОЗП отправляет сделку в технический отдел (ТО) для определения возможности производства. Если возможность подтверждена, и есть цена, то сделка направляется снова в ОЗП для согласования позиции (переход в статус «Согласовано»). Если цены нет, то сделка направляется в отдел цен (ОЦ) для проверки наличия всех необходимых для расценки параметров. В ином случае ТО согласует возможность производства, и, если возможность подтверждена, сделка направляется на расценку в ОЦ, иначе в ОЗП.

Если для производства необходим дополнительный инструмент, то ОЦ направляет сделку начальнику управления закупки сырья и материалов для обеспечения необходимыми ресурсами. Если необходимо определить цену на металл, ОЦ направляет сделку в отдел закупки металла (ОЗМ). При получении всех необходимых данных ОЦ расценивает позицию и отправляет ее на узел ОЗП для согласования позиции.

Если позиция согласована и имеет контрольную цену (КЦ), то процесс согласования завершается. Если необходимо уточнить металл и сроки, сделка направляется в отдел планирования производства (ОПП) для согласования сроков, монтажа, металла и монтажной партии производства. Если необходимо согласовать некоторые уточнения с заказчиком, то сделка возвращается на узел менеджера. В случае отрицательного ответа, позиция сделки аннулируется. Иначе направляется на корректировку и повторный круг согласования.

В результате, построена простая для восприятия, последовательная и удобная в использовании и изучении структура. При этом сохранена устойчивость терминологии, достигающаяся тем, что концептуальная модель данных используется для распознавания каждого действия и объекта, расписанного в программе.

Как видно из диаграммы, процесс согласования сделок представляет собой многофазную многоканальную систему массового обслуживания замкнутого типа с неограниченной входной емкостью.

2.2 Проведение эксперимента на основе регламентных данных

2.2.1 Построение имитационной модели

В процессе согласования сделки участвует 7 служб завода: менеджеры, отдел загрузки производства (ОЗП), технический отдел (ТО), отдел планирования производства (ОПП), отдел цен (ОЦ), начальник управления закупок сырья и материалов, отдел закупки металла (ОЗМ).

Запросы от клиентов поступают на узел менеджера с интервалами, распределенными по экспоненциальному закону со средним значением $t_{\text{пост}}$ минут. Далее заявка направляется на проверку и согласование другим узлам согласно схеме, представленной на рис. 2. Время выполнения каждой операции $T_{\text{м1}}, T_{\text{м2}}, T_{\text{м3}}, T_{\text{озп1}}, T_{\text{озп2}}, T_{\text{озп3}}, T_{\text{то}}, T_{\text{опп}}, T_{\text{оц1}}, T_{\text{оц2}}, T_{\text{ну}}, T_{\text{озм}}$ в минутах соответствует нормативам, указанным в регламенте (приложение А). Вероятности наступления тех или иных событий q_1, \dots, q_n вычислены исходя из реальных данных и экспертной оценки.

Количество сотрудников, принадлежащих конкретному отделу $n_{\text{м}}, n_{\text{озп}}, n_{\text{то}}, n_{\text{опп}}, n_{\text{оц}}, n_{\text{ну}}, n_{\text{озм}}$ равно фактическим ресурсам предприятия.

В качестве часовой тарифной ставки $S_{\text{м}}, S_{\text{озп}}, S_{\text{то}}, S_{\text{опп}}, S_{\text{оц}}, S_{\text{ну}}, S_{\text{озм}}$ каждого сотрудника взяты условные значения (в рублях).

В таблице 5 представлены основные операции согласования сделки, их краткое обозначение и длительность. В таблице 6 представлены основные службы согласования и количество сотрудников в них. В таблице 7 представлена тарифная часовая ставка каждой службы предприятия. В таблице 8 представлены вероятности наступления тех или иных событий.

Таблица 5 – Длительность операций

Наименование операции	Обозначение	Время обработки, мин
Поступление заявки	$t_{\text{пост}}$	60
Оформить сделку	$T_{\text{м1}}$	20
Проверить корректность заполнения/достаточность данных	$T_{\text{озп1}}$	15
Скорректировать позицию	$T_{\text{м2}}$	15
Согласовать выставленную цену и сортамент	$T_{\text{озп2}}$	15
Согласовать возможность производства	$T_{\text{то}}$	60
Проверить наличие всех необходимых для расценки данных	$T_{\text{оц1}}$	15
Расценить позицию	$T_{\text{оц2}}$	60
Рассмотреть возможность обеспечения ресурсами	$T_{\text{ну}}$	240
Согласовать позицию (переход позиции в статус "Согласовано")	$T_{\text{озп3}}$	10
Согласовать сроки, монтаж металла, монтажную партию производства	$T_{\text{опп}}$	120
Определить цену на металл	$T_{\text{озм}}$	240
Согласовать с заказчиком уточненные возможности	$T_{\text{м3}}$	60

Таблица 6 – Количество сотрудников

Наименование службы	Обозначение	Количество сотрудников
Менеджеры	$n_{\text{м}}$	15
Отдел загрузки производства	$n_{\text{озп}}$	8
Технический отдел	$n_{\text{то}}$	6
Отдел планирования производства	$n_{\text{опп}}$	4
Отдел цен	$n_{\text{цо}}$	4
Начальник управления закупок сырья и материалов	$n_{\text{ну}}$	1
Отдел закупки металла	$n_{\text{озм}}$	4

Таблица 7 – Тарифная часовая ставка сотрудников

Наименование ставки	Обозначение	Тарифная часовая ставка, руб
Часовая ставка менеджеров	S_M	100
Часовая ставка ОЗП	$S_{OЗП}$	100
Часовая ставка ТО	$S_{ТО}$	150
Часовая ставка ОПП	$S_{ОПП}$	100
Часовая ставка ОЦ	$S_{ОЦ}$	120
Часовая ставка начальника управления закупок сырья и материалов	$S_{ну}$	200
Часовая ставка ОЗМ	$S_{OЗМ}$	100

Таблица 8 – Вероятности наступления событий

Условие	Обозначение	Событие	Вероятность
Сделка корректно оформлена?	$Q_{кор}$	Да	0,9
		Нет	0,1
Возможность производства определена?	$Q_{возм_пр}$	Нет	0,3
		Да, нет цены	0,3
		Да, есть цена	0,4
Возможность производства согласована?	$Q_{возм_согл}$	Да	0,5
		Предложен альтернативный вариант	0,5
Позиция согласована?	$Q_{согл_поз}$	Нет, возврат с уточнениями	0,1
		Да	0,6
		Нет, требуются уточнения металлов и сроков	0,3
Необходим дополнительный инструмент?	$Q_{доп}$	Да	0,5
		Нет	0,5
Цена на металл определена?	$Q_{опр_ц}$	Да	0,5
		Нет	0,5
Уточнения согласованы с заказчиком?	$Q_{уточ}$	Да	0,7
		Нет	0,3

Интервалы поступления заявок и среднее время обработки сделки каждым отделом распределяются по экспоненциальному закону.

2.2.2 Выходные данные

В процессе выполнения модели необходимо производить расчеты следующих показателей:

вер_обр_согл – вероятность обработки согласованных сделок

вер_обр_ан – вероятность обработки аннулированных сделок

вер_обр_ост – вероятность обработки сделок, которые по истечении модельного времени, остались в процессе согласования

вр_обр_согл – время обработки согласованных сделок

вр_обр_ан – время обработки аннулированных сделок

затраты_зп – заработная плата всем сотрудникам, участвующим в процессе согласования

затраты_мен – заработная плата менеджерам;

затраты_озп – заработная плата сотрудникам отдела загрузки производства;

затраты_то – заработная плата сотрудникам технического отдела;

затраты_оц – заработная плата сотрудникам отдела планирования производства;

затраты_опп – заработная плата сотрудникам отдела цен;

затраты_ну – заработная плата начальника управления закупок сырья и материалов;

затраты_озм – заработная плата сотрудникам отдела закупки металла;

коэф_исп_мен – коэффициент использования менеджеров

коэф_исп_озп – коэффициент использования сотрудников ОЗП

коэф_исп_то – коэффициент использования сотрудников ТО

коэф_исп_опп – коэффициент использования сотрудников ОПП

коэф_исп_оц – коэффициент использования сотрудников ОЦ

коэф_исп_ну – коэффициент использования начальника управления закупок сырья и материалов

коэф_исп_озм – коэффициент использования сотрудников ОЗМ

ср_вр_оф – среднее время оформления сделки

ср_вр_пров – среднее время проверки корректности заполнения/ достаточности данных

ср_вр_испр – среднее время корректировки сделки

ср_вр_сорт – среднее время согласования сортамента

ср_вр_возм – среднее время согласования возможности производства

ср_вр_согл – среднее время согласования позиции

ср_вр_ср – среднее время согласования сроков, монтажа металла, монтажной партии производства

ср_вр_пр_ц – среднее время проверки всех необходимых для расценки данных

ср_вр_расц – среднее время расценки позиции

ср_вр_ц_мет – среднее время определения цены на металл

ср_вр_рес – среднее время рассмотрения возможности обеспечения ресурсами

ср_вр_уточ – среднее время согласования с заказчиком уточненных возможностей

2.2.3 Задание на исследование

Разработать имитационную модель процесса согласования сделок согласно концептуальной модели с целью исследования влияния среднего времени обработки заявки каждым узлом и других параметров на среднее значение времени согласования сделки в целом, максимально возможного количества согласованных и аннулированных сделок, а также сделок, которые по истечении времени работы модели остались в процессе обработки.

Исследовать зависимость количества используемых человеческих ресурсов на длительность согласования сделки. Рассмотреть возможность их сокращения и

оптимального размещения. Время моделирования – 1 рабочий месяц (9600 минут).

Сделать выводы о загруженности каждого узла, времени выполнения ими соответствующих операций, выявленных «узких местах» и необходимых мерах по повышению эффективности бизнес-процесса.

2.2.4 Ввод исходных данных

Для ввода исходных данных использованы элемент *Параметр* и элемент управления *Бегунок*, которые размещаются на диаграмме класса активного объекта (рис. 3). Это означает, что в ходе моделирования будут видны значения параметров, которые с помощью бегунков можно будет изменять.

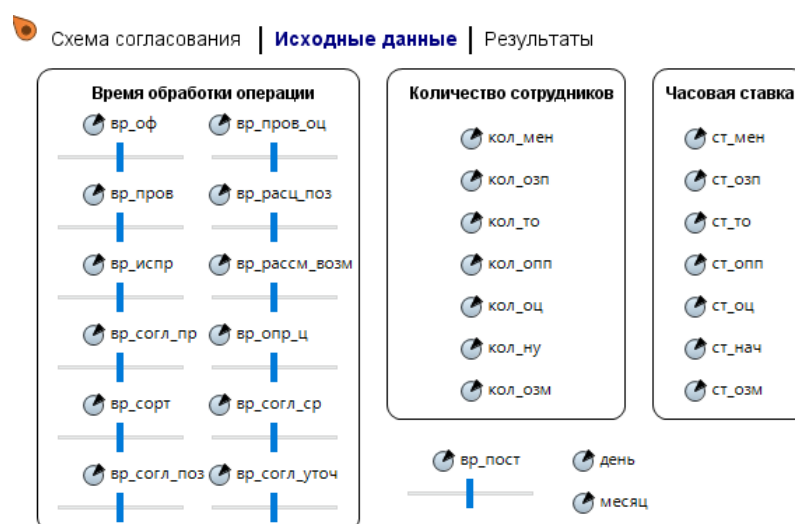


Рисунок 3 – Исходные данные

В таблице 9 представлены свойства элемента управления *Бегунок* и его связь с параметрами блока «Время обработки операции».

Таблица 9 – Свойства бегунков

Имя	Значение по умолчанию	Минимальное значение	Максимальное значение
вр_оф	20	10	30
вр_пров	15	0	30
вр_испр	15	0	30
вр_согл_пр	60	30	90
вр_сорт	15	0	30
вр_согл_поз	10	0	20
вр_проц_оц	15	0	30

вр_расц_поз	60	30	90
вр_рассм_возм	240	120	360

Окончания таблицы 9

вр_опр_ц	240	120	360
вр_согл_ср	120	60	180
вр_согл_уточ	60	30	90
вр_пост	60	30	90

2.2.5 Построение событийной части модели

В основе каждой дискретно-событийной модели лежит диаграмма процесса – последовательность соединенных между собой блоков, задающих последовательность операций, которые будут производиться над проходящими по диаграмме процесса заявками.

Диаграмма процесса в AnyLogic создается путем добавления объектов библиотеки из палитры на диаграмму класса активного объекта, соединения их портов и изменения значений свойств блоков в соответствии с требованиями модели.

Согласно принятым стандартам, блоки в диаграмме процесса обычно располагаются цепочкой слева направо, представляя собой последовательную очередность операций, которые будут производиться над заявкой.

На рисунке 4 представлена разработанная диаграмма процесса согласования сделок.

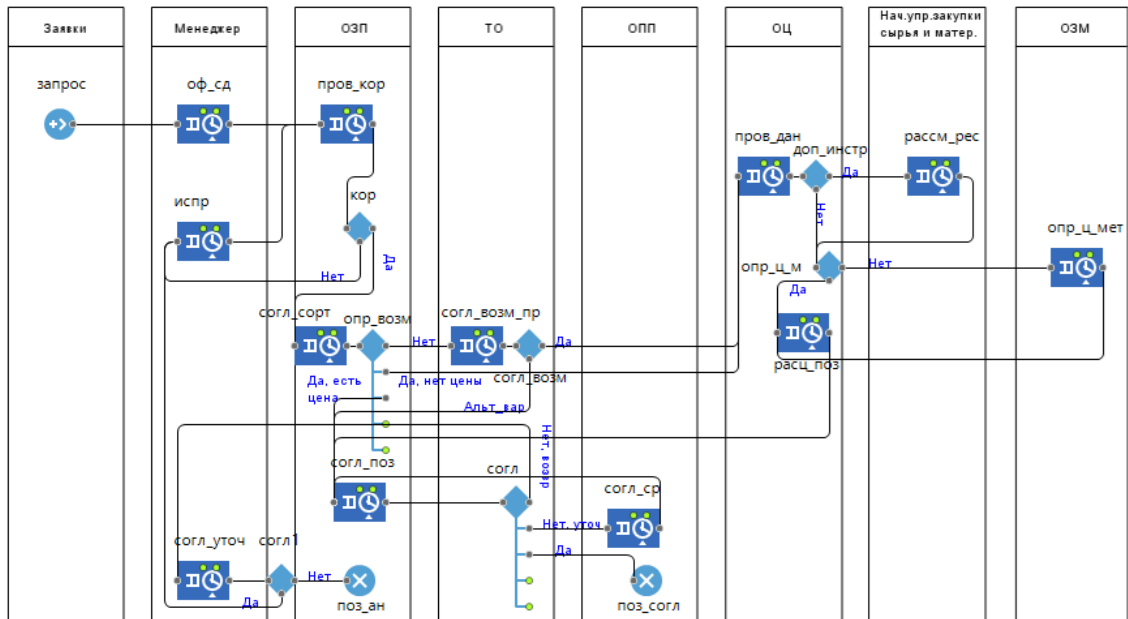


Рисунок 4 – Диаграмма процесса согласования сделок

Первым объектом в диаграмме процесса является объект типа *Source*. Объект *source* генерирует заявки определенного типа. Заявки представляют собой объекты, которые производятся, обрабатываются, обслуживаются, или еще каким-нибудь образом подвергаются действию моделируемого процесса. В данной задаче заявками являются запросы от клиентов, следовательно, объект *source* будет моделировать поступление запросов на узел менеджера с интервалами времени, распределенными по экспоненциальному закону.

Для объекта *source* установлены следующие свойства:

Тип заявки: Заявки

Прибывают согласно: времени между прибытиями

Время между прибытиями: $\text{exponential}(1/\text{вр_пост})$

Новая заявка: Заявки

Действия **При выходе** представлены в листинге 1.

Листинг 1 – Действия при выходе объекта *source*

```
затра-
ты_итог=день*месяц*(мен.size()*ст_мен+озп.size()*ст_озп+то.size(
)*ст_то+опп.size()*ст_опп+оц.size()*ст_оц+нач_упр.size()*ст_на
ч+озм.size()*ст_озм);
затраты_мен=ст_мен*мен.size()*день*месяц;
```



```

затраты_озп=ст_озп*озп.size()*день*месяц;
затраты_то=ст_то*то.size()*день*месяц;
затраты_оц=ст_оц*оц.size()*день*месяц;
затраты_опп=ст_опп*опп.size()*день*месяц;
затраты_ну=ст_нач*нач_упр.size()*день*месяц;
затраты_озм=ст_озм*озм.size()*день*месяц;
agent.вр_вх=time();
agent.вр_вх_ан=time();
кол_пост=запрос.count();

```

Следующий объект – *Service*. Он захватывает для заявки заданное количество ресурсов, задерживает заявку, а затем освобождает захваченные ею ресурсы. Эквивалентен последовательности объектов *Seize*, *Delay*, *Release* и должен использоваться в тех случаях, когда все, что требуется – это задержать захваченные ресурсы на заданное время, а затем их отпустить.

В таблице 10 представлены общие свойства для заполнения объектов *Service*. В таблицах 11 – 22 описаны отличительные их свойства.

Таблица 10 – Общие свойства объектов *Service*

Свойство	Значения
Захватить	ресурсы одного типа
Максимальная вместимость	Установить флажок
Включить сбор статистики	Установить флажок
Тип агента	Заявки

Таблица 11 – Свойства объекта «Оформить сделку»

Свойство	Значения
Имя	оф_сд
Тип ресурсов	мен
Количество ресурсов	15
Время задержки	$\text{exponential}(1/\text{вр_оф})$
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_оф.add(time() - agent.время_входа);</code>

Таблица 12 – Свойства объекта «Исправить сделку»

Свойство	Значения
Имя	испр
Тип ресурсов	мен
Количество ресурсов	15
Время задержки	$\text{exponential}(1/\text{вр_испр})$

Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_испр.add(time() - agent.время_входа);</code>

Таблица 13 – Свойства объекта «Согласовать уточнения»

Свойство	Значения
Имя	согл_уточ
Тип ресурсов	мен
Количество ресурсов	15
Время задержки	<code>exponential(1/вр_согл_уточ)</code>
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_уточ.add(time() - agent.время_входа);</code>

Таблица 14 – Свойства объекта «Проверить сделку»

Свойство	Значения
Имя	согл_уточ
Тип ресурсов	озп
Количество ресурсов	8
Время задержки	<code>exponential(1/вр_пров)</code>
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_пров.add(time() - agent.время_входа);</code>

Таблица 15 – Свойства объекта «Согласовать сортамент»

Свойство	Значения
Имя	согл_сорт
Тип ресурсов	озп
Количество ресурсов	8
Время задержки	<code>exponential(1/вр_сорт)</code>
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_сорт.add(time() - agent.время_входа);</code>

Таблица 16 – Свойства объекта «Согласовать позицию»

Свойство	Значения
Имя	согл_поз
Тип ресурсов	озп
Количество ресурсов	8
Время задержки	<code>exponential(1/вр_согл_поз)</code>

Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_согл.add(time()-agent.время_входа);</code>

Таблица 17 – Свойства объекта «Возможность производства»

Свойство	Значения
Имя	<code>согл_возм_пр</code>
Тип ресурсов	<code>то</code>
Количество ресурсов	<code>6</code>
Время задержки	<code>exponential(1/вр_согл_пр)</code>
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_возм.add(time()-agent.время_входа);</code>

Таблица 18 – Свойства объекта «Согласовать сроки»

Свойство	Значения
Имя	<code>согл_ср</code>
Тип ресурсов	<code>опп</code>
Количество ресурсов	<code>4</code>
Время задержки	<code>exponential(1/вр_согл_ср)</code>
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_ср.add(time()-agent.время_входа);</code>

Таблица 19 – Свойства объекта «Проверить данные для расценки»

Свойство	Значения
Имя	<code>пров_дан</code>
Тип ресурсов	<code>оц</code>
Количество ресурсов	<code>4</code>
Время задержки	<code>exponential(1/вр_пров_оц)</code>
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_пр_ц.add(time()-agent.время_входа);</code>

Таблица 20 – Свойства объекта «Расценить позицию»

Свойство	Значения
Имя	<code>расц_поз</code>
Тип ресурсов	<code>оц</code>
Количество ресурсов	<code>4</code>
Время задержки	<code>exponential(1/вр_расц_поз)</code>

Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_расц.add(time() - agent.время_входа);</code>

Таблица 21 – Свойства объекта «Рассмотреть возможность обеспечения ресурсами»

Свойство	Значения
Имя	<code>рассм_рес</code>
Тип ресурсов	<code>нач_упр</code>
Количество ресурсов	<code>1</code>
Время задержки	<code>exponential(1/вр_рассм_возм)</code>
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_рес.add(time() - agent.время_входа);</code>

Таблица 22 – Свойства объекта «Определить цену на металл»

Свойство	Значения
Имя	<code>опр_ц_мет</code>
Тип ресурсов	<code>озм</code>
Количество ресурсов	<code>4</code>
Время задержки	<code>exponential(1/вр_опр_ц)</code>
Действия При входе	<code>agent.время_входа=time();</code>
Действия При выходе	<code>ср_вр_ц_мет.add(time() - agent.время_входа);</code>

Далее объект *SelectOutput*, который направляет входящие заявки в один из двух выходных портов T и F в зависимости от выполнения заданного условия. Условие может зависеть как от заявки, так и от каких-то внешних факторов. Поступившая заявка покидает объект в тот же момент времени. Может использоваться для сортировки заявок согласно заданному критерию, для случайного разделения потока заявок (заданием вероятностей) на части и т.д.

Объект *SelectOutput5* направляет входящих в объект агентов на один из пяти выходных портов согласно заданным вероятностям, либо в зависимости от того, для какого из этих портов будет выполнено заданное условие (эти условия проверяются последовательно, вначале для 1-го порта, и т.д.). Обычно используется для перенаправления агентов в разные подпроцессы согласно заданному кри-

терию (часто – в зависимости от свойств самого агента), либо согласно заданным процентным долям.

Значения, установленные для объектов *SelectOutput* и *SelectOutput5* представлены в табл. 8.

Объект *ResourcePool* задает набор ресурсов определенного типа. Ресурсы – это объекты, требуемые агентами для выполнения их задач. Ресурсы могут захватываться и освобождаться агентами с помощью блоков *Seize*, *Release*, *Assembler* и *Service*. Ресурсы бывают трех типов: движущийся, статический и переносной. Статические ресурсы привязаны к определенному узлу (комнаты, станки); движущиеся ресурсы могут перемещаться сами (персонал, транспорт); переносные ресурсы могут быть перемещены агентами или движущимися ресурсами.

В данном случае, ресурсами будут служить различные службы завода. Поскольку это персонал, то тип ресурса будет задан как *Движущийся*, а количество ресурсов будет задано *Напрямую*. В таблице 22 представлены ресурсы и их количество.

Таблица 22 – Свойства объектов ResourcePool

Наименование ресурса	Количество ресурсов
мен	15
озп	8
то	6
опп	4
оц	4
нач_упр	1
озм	4

Последним в диаграмме дискретно-событийной модели находится объект *Sink*. Этот объект уничтожает поступившие заявки. Обычно он используется в качестве конечной точки потока заявок (и диаграммы процесса соответственно). В

данном случае он выводит из модели согласованные или же аннулированные заявки клиентов.

Объект *sink* для аннулированных заявок:

Имя: поз_ан

Тип агента: Заявки

Действия **При выходе** аннулированных заявок из объекта *sink* представлены в листинге 2.

Листинг 2 – Действия при выходе аннулированных заявок

```
time_obr_un.add((time()-agent.вр_вх_ан)/60);
вр_обр_ан=Math.floor(time_obr_un.mean()/3);
agent.кол_выход=поз_ан.count();
agent.кол_вход=запрос.count();
ver_obr_un.add(agent.кол_выход/agent.кол_вход);
вер_ан=Math.ceil(ver_obr_un.mean()*100);
кол_ан=поз_ан.count();
```

Объект *sink* для согласованных заявок:

Имя: поз_ан

Тип агента: Заявки

Действия **При выходе** согласованных заявок из объекта *sink* представлено в листинге 3.

Листинг 3 – Действия при выходе согласованных заявок

```
time_obr_sogl.add((time()-agent.вр_вх)/60);
вр_обр_согл=Math.floor(time_obr_sogl.mean()/2);
agent.кол_выход=поз_согл.count();
agent.кол_вход=запрос.count();
ver_obr_sogl.add(agent.кол_выход/agent.кол_вход);
вер_согл=Math.ceil(ver_obr_sogl.mean()*100);
вер_необр=100-вер_ан-вер_согл;
кол_согл=поз_согл.count();
коэф_исп_мен=Math.ceil(мен.utilization()*100);
коэф_исп_озп=Math.ceil(озп.utilization()*100);
коэф_исп_то=Math.ceil(то.utilization()*100);
коэф_исп_опп=Math.ceil(опп.utilization()*100);
коэф_исп_оц=Math.ceil(оц.utilization()*100);
коэф_исп_ну=Math.ceil(нач_упр.utilization()*100);
коэф_исп_озм=Math.ceil(озм.utilization()*100);
```

При построении модели необходимо воспользоваться Java-кодом, в котором потребуются дополнительные поля заявок. Для этого необходимо создать нестандартный тип заявки с дополнительными полями для записи и хранения параметров:

```
время_входа;  
время_выхода;  
кол_вход;  
кол_выход;  
вр_вх;  
вр_вых;  
вр_вх_ан.
```

Вышеперечисленные параметры необходимы для сбора информации о количестве созданных и согласованных заявок, а также времени их обработки. Для их генерации был создан агент с именем *Заявки*.

Модель выполняется в соответствии с набором установок, задаваемым специальным элементом модели — экспериментом. Можно создать несколько экспериментов с различными установками и изменять рабочую конфигурацию модели, просто запуская тот или иной эксперимент модели.

В панели *Проект* эксперименты отображаются в нижней части дерева модели. Один эксперимент, названный *Simulation*, создается по умолчанию. Это простой эксперимент, позволяющий запускать модель с заданными значениями параметров, поддерживающий режимы виртуального и реального времени, анимацию и отладку модели.

Если запустить модель, то моделирование будет продолжаться 100 единиц модельного времени, после чего будет остановлено. Но поскольку необходимо отслеживать заявки в течение полного рабочего месяца, данный параметр установлен на значение 9600 (1). Единицы модельного времени: минуты.

$$T = t_{\text{дни}} * t_{\text{час}} * t_{\text{мин}} = 20 * 8 * 60 = 9600 \text{ минут,}$$

где $t_{\text{дни}}$ – количество рабочих дней в месяце, $t_{\text{час}}$ – количество рабочих часов в день, $t_{\text{мин}}$ – количество минут в часе.

После запуска модели появится окно презентации этой модели (рис. 5). В нем отображена презентация запущенного эксперимента. AnyLogic автоматически помещает на презентацию каждого простого эксперимента заголовок и кнопку, позволяющую запустить модель и перейти на презентацию, нарисованную разработчиком для главного класса активного объекта этого эксперимента (Main).

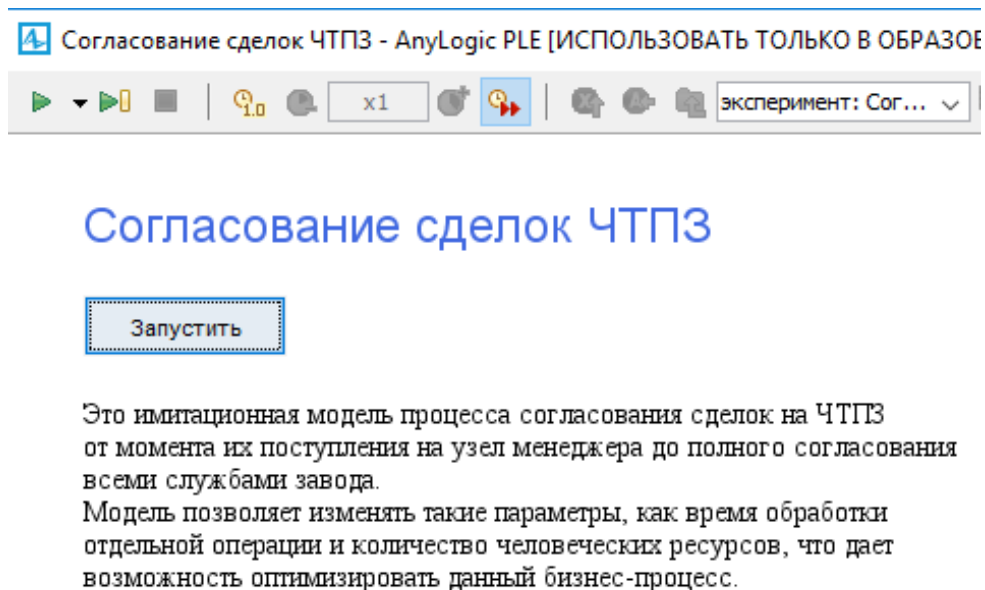


Рисунок 5 – Окно презентации модели

При нажатии кнопки «Запустить» происходит запуск модели и переход к презентации корневого класса активного объекта запущенного эксперимента. Для каждой модели, созданной в Enterprise Library, автоматически создается блок-схема с наглядной визуализацией процесса, с помощью которой можно изучать текущее состояние модели, например, длину очереди, количество обработанных запросов и так далее (рис. 6).

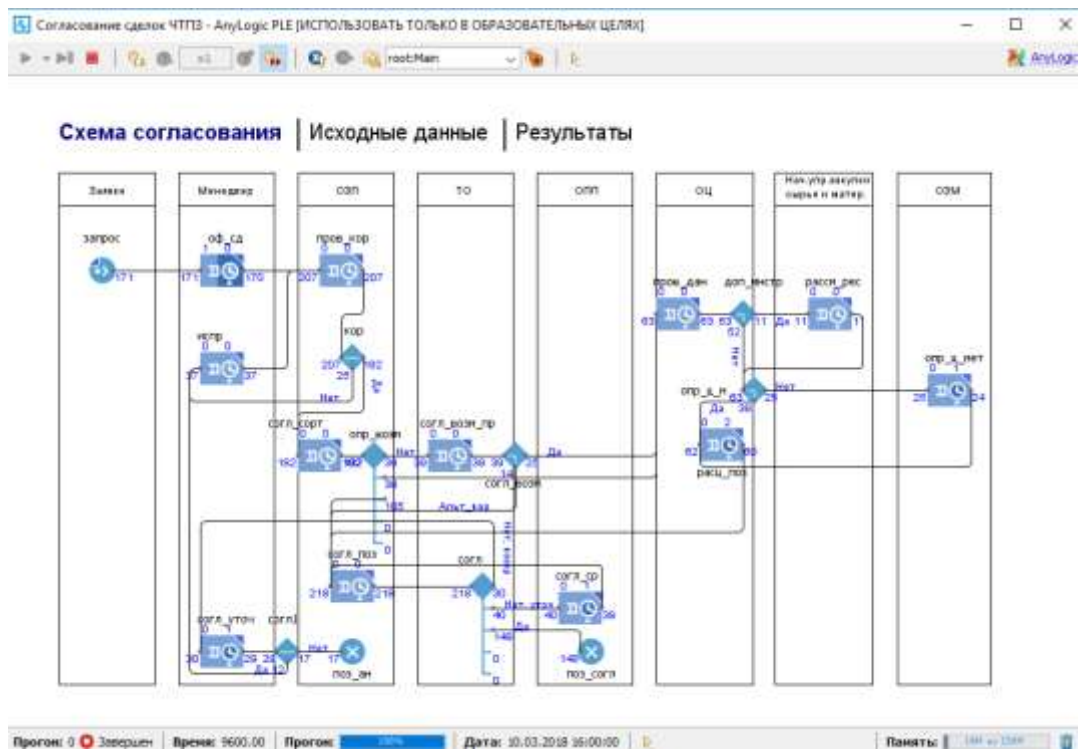


Рисунок 6 – Автоматически созданная блок-схема процесса

Можно следить за состоянием любого блока диаграммы процесса во время выполнения модели с помощью окна инспекта этого объекта. Чтобы открыть окно инспекта, необходимо щелкнуть мышью по значку нужного блока. Окно инспекта, подведя курсор, можно свободно перемещать в нужное место. Также, подведя курсор к правому нижнему углу окна инспекта, можно изменять его размеры. В окне инспекта отображена базовая информация по выделенному блоку: например, для блока Queue будет отображена вместимость очереди, количество заявок, прошедшее через каждый порт объекта, и т. д. (рис. 7).

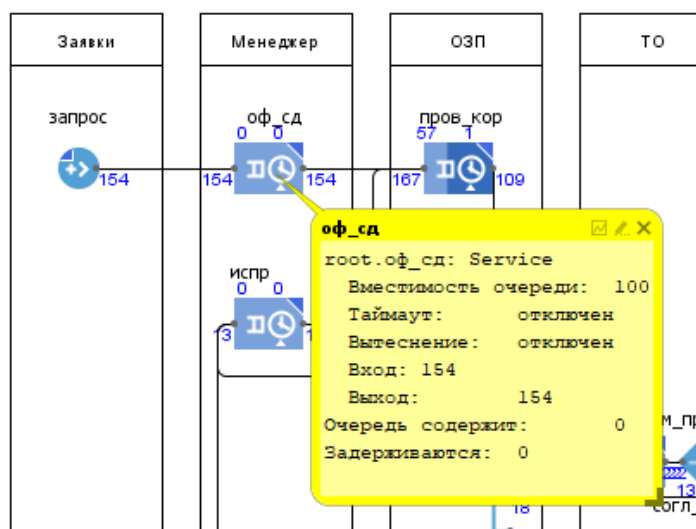


Рисунок 7 – Окно инспекта

2.2.6 Переключение между областями просмотра

Области просмотра используются как для навигации по графическому редактору во время создания модели, так и для навигации по окну презентации во время выполнения модели.

Чтобы перейти к другой области просмотра в режиме выполнения модели, было добавлено три текстовых элемента: Схема согласования, Исходные данные и Результаты (рис. 8).

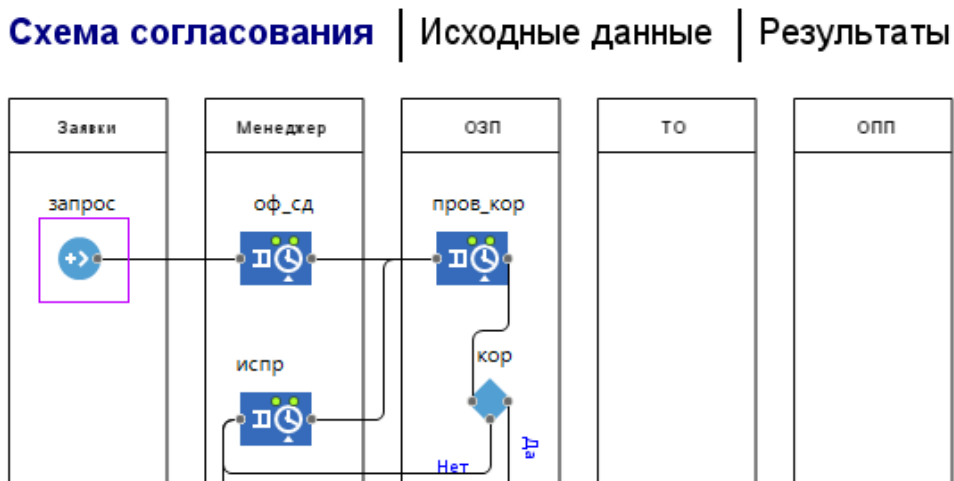


Рисунок 8 – Переключение между областями просмотра

Переключение между областями просмотра организовано так, чтобы можно было из схемы согласования переходить к исходным данным, результатам и обратно. При этом синим цветом подсвечивается активная область просмотра.

В таблице 24 представлены области просмотра и соответствующие им коды для перехода.

Таблица 24 – Свойства областей просмотра

Область просмотра	Действие по щелчку
Схема согласования	<code>view_Chart.navigateTo();</code>
Исходные данные	<code>Данные.navigateTo();</code>
Результаты	<code>Результаты.navigateTo();</code>

2.2.7 Сбор статистики среднего времени согласования сделок

AnyLogic предоставляет пользователю удобные средства для сбора статистики по работе блоков диаграммы процесса. Объекты Enterprise Library самостоятельно производят сбор основной статистики. Единственное, что необходимо сделать – это включить сбор статистики для объектов `delay` и `queue`.

Элемент статистики запоминает значения времен для каждого запроса. На основе этого он предоставляет пользователю стандартную статистическую информацию (среднее, минимальное, максимально из измеренных значений, среднеквадратичное отклонение и т.д.).

Элемент статистики был включен для всех операций процесса согласования сделки (рис. 9).

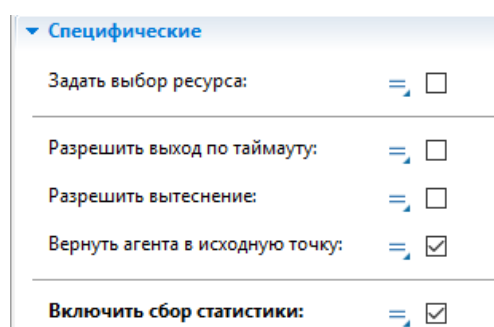


Рисунок 9 – Включение сбора статистики

В данном случае статистика будет собирать данные о средней длительности каждой операции и среднем коэффициенте загруженности блоков.

Для вывода данных использовались столбиковые диаграммы. На рисунке 10 представлена гистограмма о среднем времени обработки сделки. На рисунке 11

– гистограмма, отражающая средний коэффициент загрузки блоков. В панели **Свойства** были добавлены необходимые элементы данных (рис. 12). Здесь `ср_вр_оф`, `ср_вр_пров`, `ср_вр_испр`, `ср_вр_сорт`, `ср_вр_возм` – данные гистограммы, которые собирают статистическую информацию о длительности каждой операции. Функция `mean()` возвращает среднее из всех измеренных этим набором данных значений.

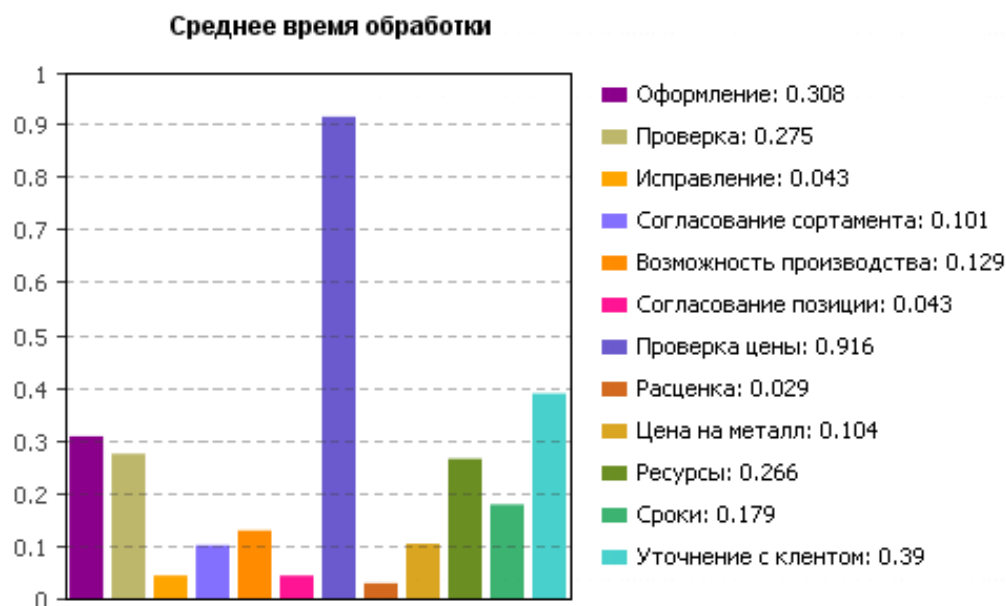


Рисунок 10 – Диаграмма среднего времени обработки сделки

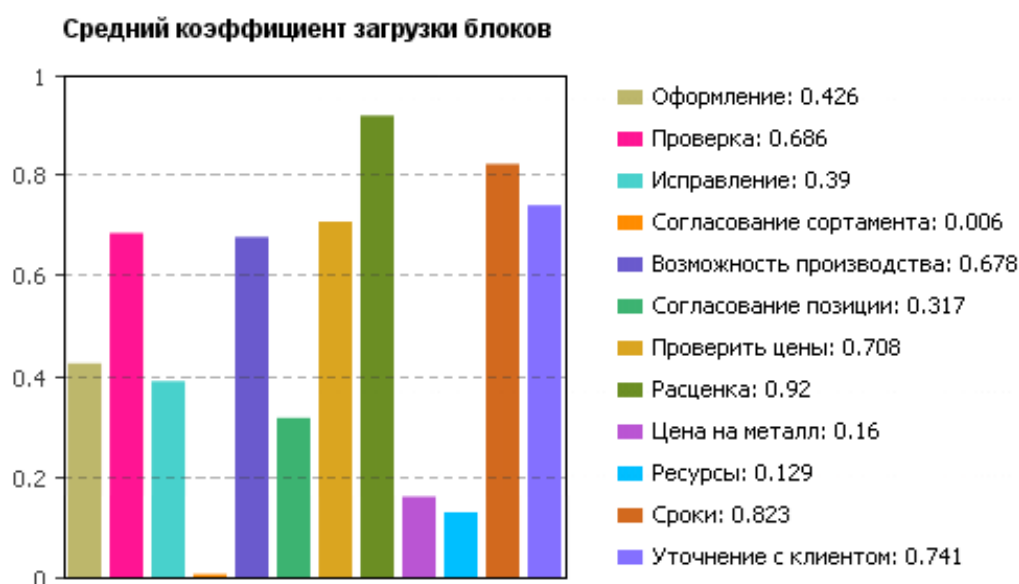


Рисунок 11 – Диаграмма среднего коэффициента загрузки блоков

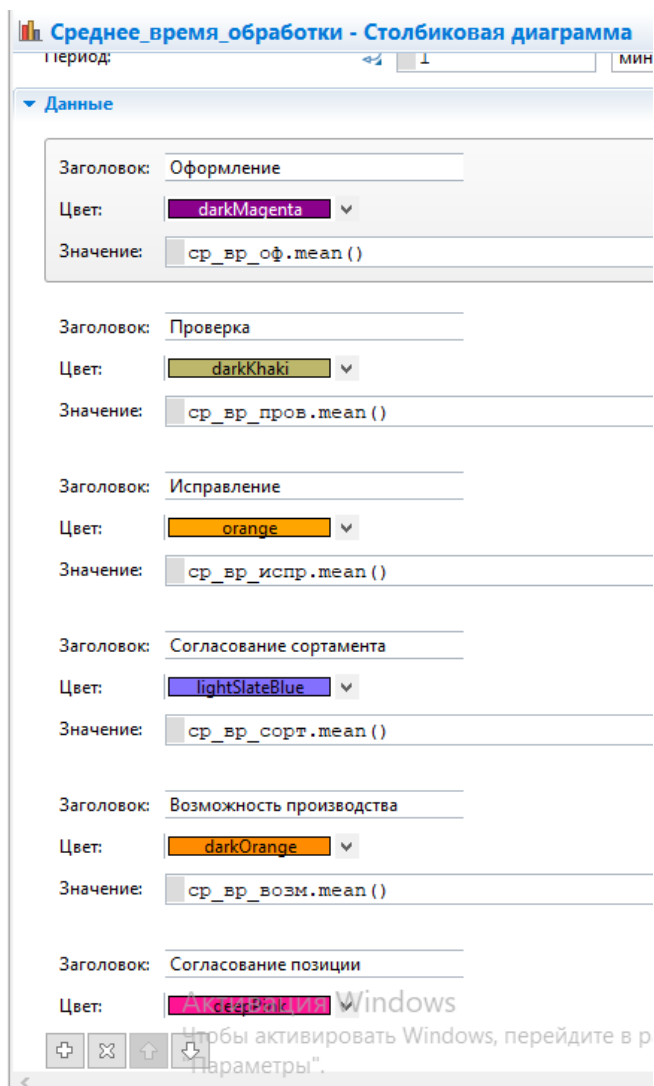


Рисунок 12 – Страница **Свойства** столбиковой диаграммы

2.2.8 Интерпретация результатов

Для проверки адекватности построенной модели был выполнен имитационный эксперимент с данными, определяемыми регламентом. Результаты работы модели представлены на рис. 13.

Расчеты проводились в различных категориях: денежных, временных и количественных. Ниже представлена интерпретация полученных результатов:

- **Блок «Затраты ЗП»** – в данном блоке отражаются как итоговые затраты всех сотрудников, так и отдельно по службам. Наибольшее вложение денежных средств относится к менеджерам – 240 тыс.руб. Итоговые затраты – 748,8 тыс.руб.

- **Блок «Коэффициент использования»** – в данном блоке отражается загрузка каждой службы в течение одного рабочего месяца. Можно заметить, что в целом, загрузка распределена равномерно за исключением двух служб: ОЗП и ОЗМ (более 70%).

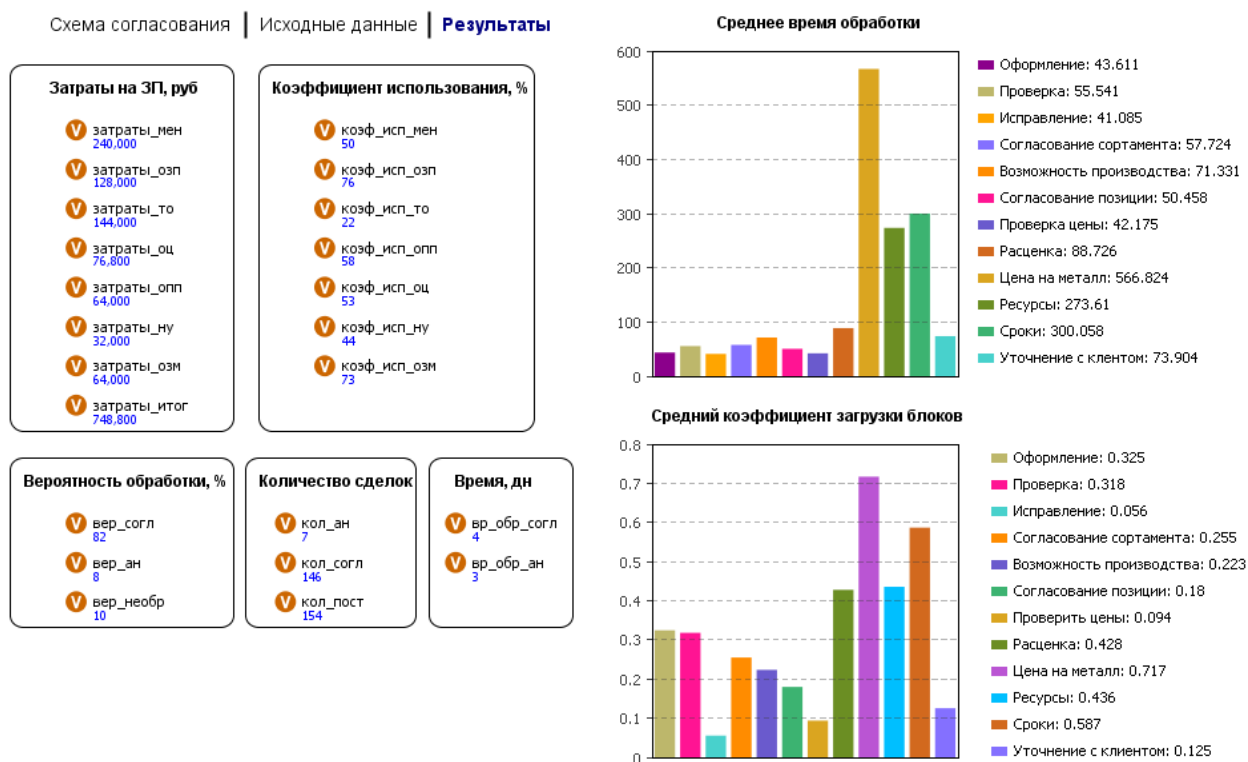


Рисунок 13 – Результаты моделирования процесса в соответствии с регламентными данными

- **Блок «Количество сделок»** – отражает количество согласованных, аннулированных, находящихся в процессе обработки и всего поступивших сделок. Если придерживаться регламенту, то из 154 запросов, согласовываются – 146, аннулируются – 7, остаются в процессе обработки по истечении модельного времени – 1.

- **Блок «Вероятность обработки»** – отражает вероятность обработки согласованных сделок, необработанных и аннулированных. Действуя по регламенту, 82% сделок согласовываются, 8% – не обрабатываются, 10% – аннулируется.

- **Блок «Время»** – собирает информацию о среднем времени обработки согласованных сделок (4 дня) и аннулированных (3 дня).

Построены следующие графики:

- **Среднее время обработки** – отражает информацию о среднем времени обработки сделки на каждом этапе согласования. Максимальное время обработки приходится на следующие операции: «Определить цену на металл», «Рассмотреть возможность обеспечения ресурсами» и «Согласовать сроки, монтаж металла, монтажную партию производства», что не противоречит нормативам регламента.
- **Средний коэффициент загрузки блоков** – отражает информацию о загрузке каждой операции. Наибольший коэффициент загрузки имеет блок «Определить цену на металл», наименьший – «Скорректировать позицию».

Полученные результаты не противоречат нормативам, установленным регламентом, а также логике процесса. Модель адекватно описывает процесс и может быть использована для проведения экспериментов на реальных данных.

2.3 Проведение эксперимента на основе фактических данных

Для определения исходных данных был проведен хронометраж рабочего времени каждого отдела. Выявлено, что время обработки заявок близко к экспоненциальному закону распределения.

Исходные данные модели представлены на рисунке 14.



Рисунок 14 – Фактические исходные данные

Результаты работы модели представлены на рисунке 15.

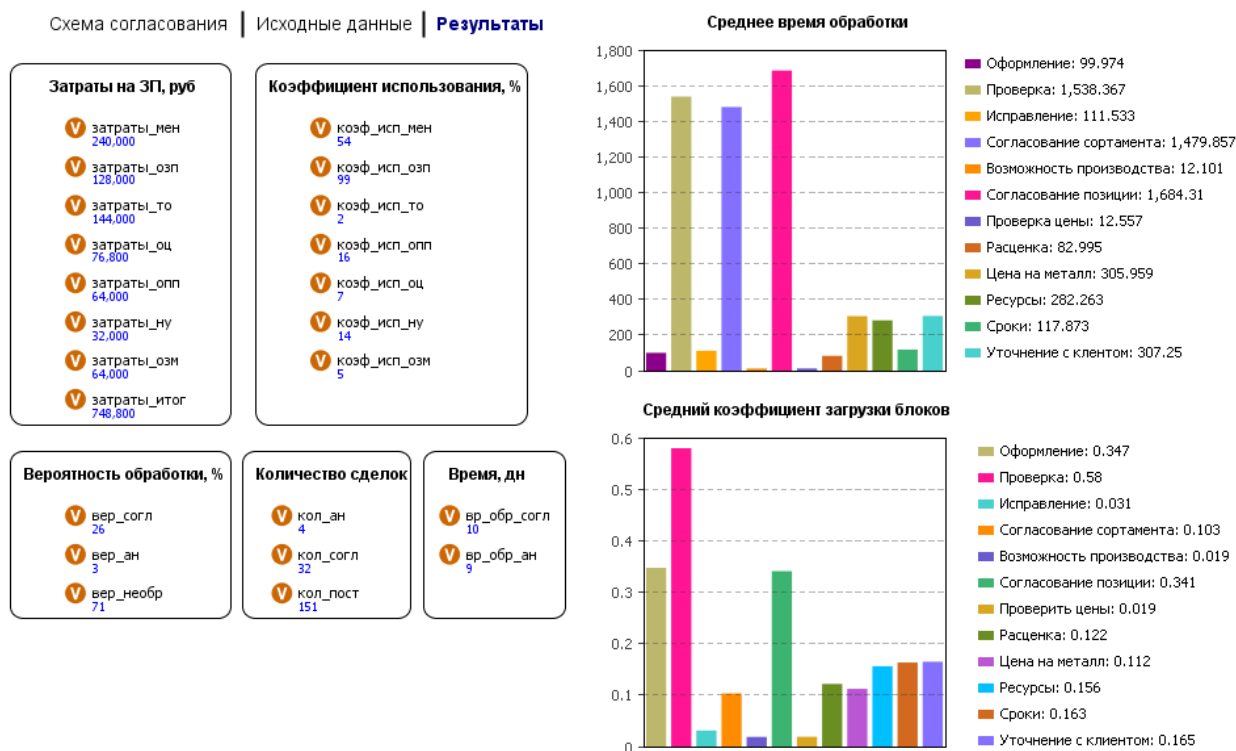


Рисунок 15 – Результаты модели с фактическими исходными данными

Ниже представлена интерпретация полученных результатов и сравнение их с регламентными:

- **Блок «Затраты ЗП»** – значения переменных остались без изменений.
- **Блок «Коэффициент использования»** – максимально загруженным оказался отдел загрузки производства (98%) и менеджеры (54%). Остальные службы имеют низкую загруженность.
- **Блок «Количество сделок»** – количество согласованных сделок (32 позиции) в 5 раз меньше регламентного значения.
- **Блок «Вероятность обработки»** – вероятность обработки сделки равна 26%, что в 3 раза меньше регламентного значения. А из-за длительного согласования 71% сделок остаются в обработке по истечении модельного времени.
- **Блок «Время»** – согласование сделки длится 10 дней, что в 2 раза превышает установленные регламентом сроки.

Построены следующие графики:

- **Среднее время обработки** – максимальное время обработки приходится на следующие операции: «Проверить корректность заполнения/ достаточность данных», «Согласовать сортамент» и «Согласовать позицию (переход позиции в статус *Согласовано*)».

- **Средний коэффициент загрузки блоков** – наибольший средний коэффициент загрузки имеет блок «Проверить корректность заполнения/ достаточность данных».

Выполнение процесса при фактических данных не соответствует регламентным нормативам, однако полностью соответствует реальной ситуации. Время обработки превышает установленных сроков в 2 раза, при этом согласовывается лишь 1/3 поступивших сделок. Самым загруженным блоком оказалась операция «Проверить корректность заполнения/ достаточность данных». Следует отметить, что данный процесс выполняет отдел загрузки производства, который имеет максимальную загруженность и большое количество необработанных, просроченных сделок. Можно сделать вывод о том, что этот блок является «узким» местом.

2.4 Проведение оптимизационного эксперимента

Поскольку блок «Проверить корректность заполнения/ достаточность данных» является «узким» местом, можно предложить его автоматизировать. Загруженность данного блока объясняется тем, что после оформления сделки менеджерами ОЗП приходится корректировать позицию в соответствии с нормативами. Причем, ОЗП не могут самостоятельно менять параметры сделки. Поэтому они направляют список комментариев/замечаний обратно на узел менеджера, чтобы те исправили позицию. Количество таких возвратов в пределах одной сделки может быть от 2 до 5 раз, что и объясняет ее длительную обработку.

Для автоматизации процесса необходимо произвести следующие доработки в КИС ЧТПЗ:

- регламентация последовательного ввода параметров (ГОСТ, марка стали, толщина стенки, диаметр);
- автоматизация ввода характеристик продукции путем сужающегося списка.

При создании данной доработки из процесса выпадет два блока: «Проверить корректность заполнения» и «Скорректировать позицию». При этом необходимо проверить, как изменится загруженность человеческих ресурсов и рассчитать оптимальное их количество.

Для этого в Anylogic есть возможность проведения различных экспериментов. С помощью экспериментов задаются конфигурационные настройки модели. AnyLogic поддерживает несколько типов экспериментов, каждый из которых соответствует своей задаче моделирования.

Простой эксперимент. Запускает модель с заданными значениями параметров, поддерживает режимы виртуального и реального времени, анимацию, отладку модели.

При создании модели автоматически создается один простой эксперимент, названный Simulation. Именно этот эксперимент использовался в предыдущих случаях.

Оптимизация. Этот эксперимент позволяет найти значения параметров, при которых достигается наилучший результат моделирования системы, а также изучить поведение модели при заданных условиях. Процесс оптимизации модели заключается в выполнении нескольких прогонов модели с различными значениями параметров и нахождении оптимальных (с учетом заданных ограничений) значений параметров (при которых достигается оптимальное значение заданной целевой функции). Оптимизация в условиях неопределенности производится с помощью репликаций.

Варьирование параметров. Производит повторный запуск модели с разными значениями параметров корневого объекта. Этот эксперимент позволяет сравнить поведение модели при разных значениях параметров и оценить степень

влияния отдельных параметров на поведение модели. Запуская несколько прогонов модели с фиксированными значениями параметров, также можно оценить влияние случайных факторов в стохастических моделях.

В данном случае использовался оптимизационный эксперимент.

Модель *Согласование сделок* – стохастическая. Стохастическая модель – это способ финансового моделирования, в котором одна или более переменных в модели имеют стохастическую природу, то есть представляют собой случайный процесс [19].

Агентом верхнего уровня будет являться: `Main` – корневой (главный) класс эксперимента. Объект этого класса будет играть роль корня иерархического дерева объектов модели, запускаемой оптимизационным экспериментом. Это означает, что к создаваемому эксперименту применяются временные установки класса `Main`.

В качестве целевой функции выбрана функция `root.кол_согл` – это количество согласованных сделок. Цель – **максимизировать** их количество.

Количество итераций установлено 500, так как данная версия `Anylogic` ограничена этим количеством итераций.

Также установлен флажок: **Использовать репликации**. Число репликаций (прогонов) в одной итерации (наблюдении) будет задано фиксированно. При доверительной вероятности $\alpha = 0,95$, точности $\varepsilon = 0,1$ и стандартном отклонении $\sigma = 0,1$, может быть определено по формуле 1:

$$N = t_{\alpha}^2 \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2} = 1,96^2 \frac{0,1^2}{0,1^2} = 3,8416 \approx 4, \quad (1)$$

где $t_{\alpha} = 1,96$ – табулированный аргумент функции Лапласа.

Параметры, значения которых будут меняться: `кол_мен`, `кол_то`, `кол_опп`, `кол_озп`, `кол_оц`, `кол_озм`. Для них установлены минимальное и максимальное значения, а также шаг, с которым они могут изменяться (рис. 16).

Значения времени для блоков `вр_пров` и `вр_испр` обнулены. Настройки оптимизационного эксперимента представлены на рисунке 16.

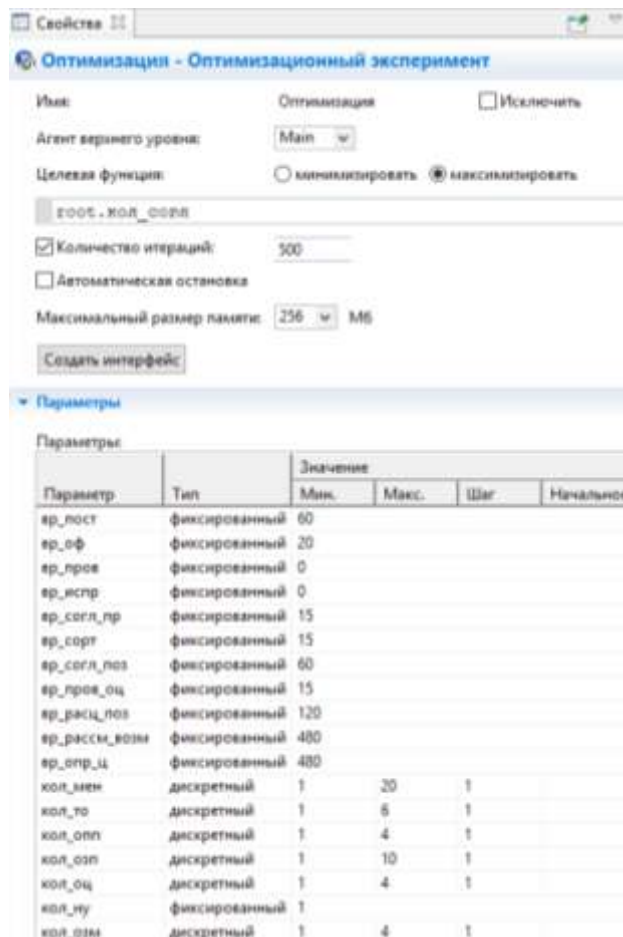


Рисунок 16 – Вкладка **Основные** оптимизационного эксперимента

После задания параметров был создан интерфейс эксперимента (рис. 17).

В правой части расположен график, визуальное отображающий ход оптимизации. По оси X откладываются номера итераций, а по оси Y – **Текущее** и **Лучшее допустимое** значения, найденные для каждой итерации.

Таблица, расположенная в левой части окна, отображает всю необходимую информацию о ходе оптимизационного процесса.

В столбце **Текущее** отображаются: номер последней завершенной итерации, значение целевой функции и значения параметров, при которых оно было получено на момент окончания этой итерации.

В столбце **Лучшее** отображается та же информация для найденного решения, которое является оптимальным к текущему моменту: номер итерации, когда это значение было получено, собственно, само значение целевого функционала, и значения параметров, при которых оно было получено.

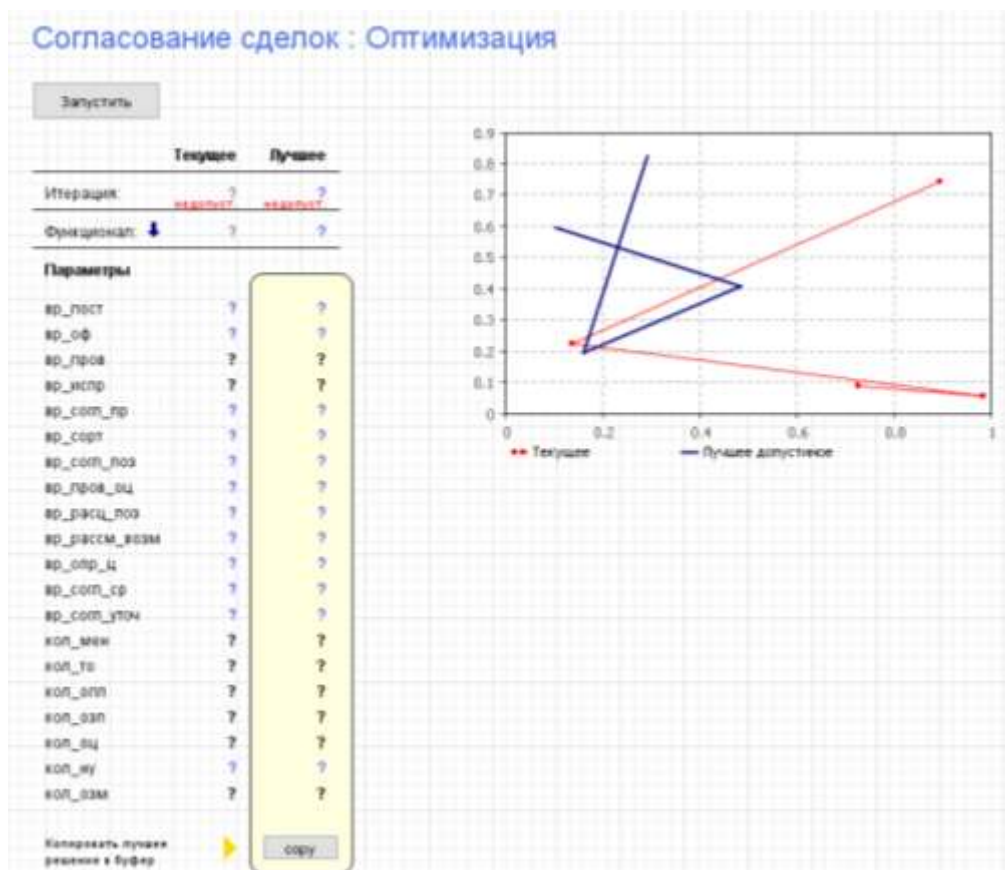


Рисунок 17 – Интерфейс оптимизационного эксперимента

Подсвеченные черным цветом значения – это значения, которые будут меняться в ходе эксперимента.

По завершении оптимизации это решение будет считаться оптимальным найденным решением. Также его можно экспортировать в другие эксперименты модели, щелкнув по кнопке «Сору».

Результаты оптимизационного эксперимента представлены на рисунке 18.

Наилучшее значение целевой функции – количество согласованных сделок равно 104. Получено оно на 211-ой итерации при следующих оптимальных значениях параметров:

$$\text{кол_мен} = 7,$$

$$\text{кол_то} = 3,$$

$$\text{кол_опп} = 2,$$

$$\text{кол_озп} = 6,$$

$$\text{кол_оц} = 2,$$

кол_озм = 3.

Запустить

	Текущее	Лучшее
Итерация:	500	211
Функционал: ↓	0	104

Параметры

вр_пост	60	60
вр_оф	20	20
вр_пров	0	0
вр_испр	0	0
вр_согл_пр	15	15
вр_сорт	15	15
вр_согл_поз	60	60
вр_пров_оц	15	15
вр_расц_поз	120	120
вр_рассм_возм	480	480
вр_опр_ц	480	480
вр_согл_ср	120	120
вр_согл_уточ	480	480
кол_мен	7	7
кол_то	3	3
кол_опп	2	2
кол_озп	6	6
кол_оц	2	2
кол_ну	1	1
кол_озм	3	3

Копировать лучшее решение в буфер

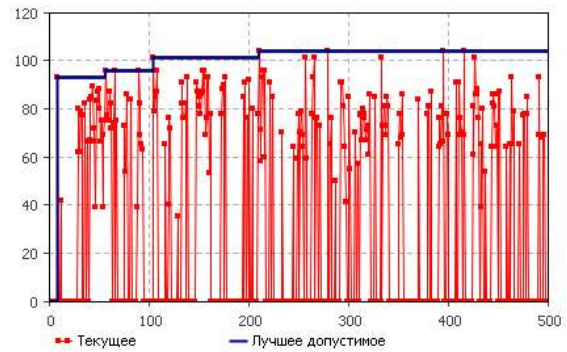


Рисунок 18 – Результаты оптимизационного эксперимента

Полученные оптимальные значения были использованы для проведения нового эксперимента, чтобы выяснить, как процесс будет работать после внедрение автоматизации. Результаты эксперимента представлена на рисунке 19.

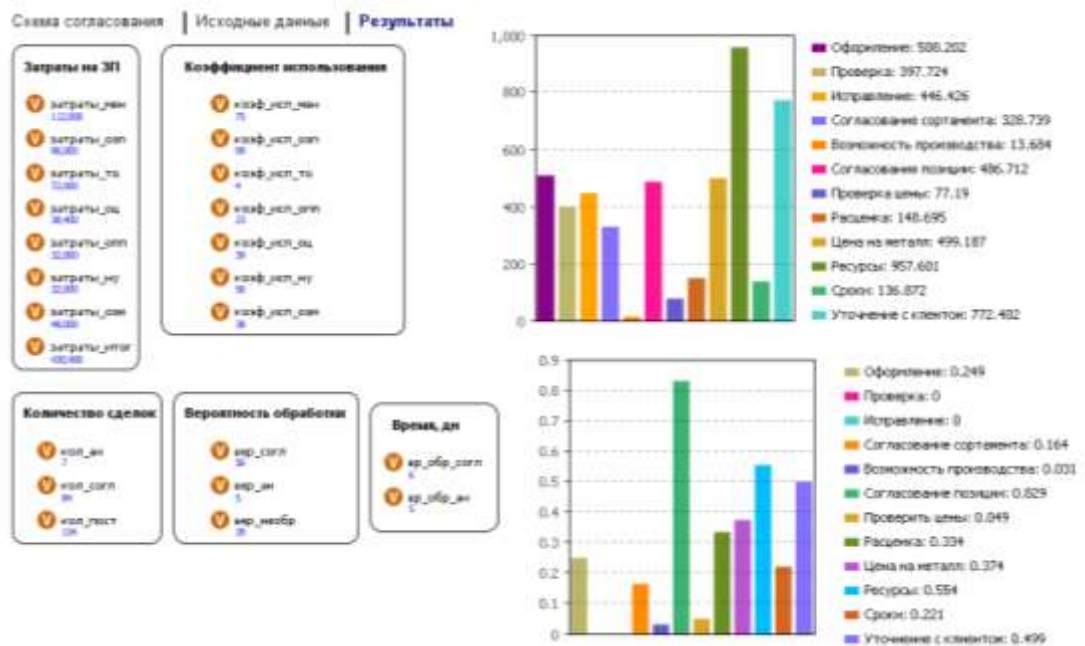


Рисунок 19 – Результаты эксперимента с оптимальными исходными данными

В таблице 25 представлено сравнение результатов работы трех моделей: на основе регламентных, фактических и оптимальных данных.

Таблица 25 – Сравнительная таблица результатов трех моделей

Параметры	Регламент	Хронометраж рабочего дня	Оптимизация
Среднее время согласования, дн	5	10	6
Количество согласованных сделок	148	32	90
Количество сотрудников в отделе / коэффициент загрузки			
<i>Менеджеры</i>	15 / 52%	15 / 53%	7 / 74%
<i>Отдел загрузки производства</i>	8 / 83%	8 / 98%	6 / 99%
<i>Технический отдел</i>	6 / 21%	6 / 1%	3 / 3%
<i>Отдел планирования производства</i>	4 / 20%	4 / 5%	2 / 30%

Окончание таблицы 25

<i>Отдел цен</i>	4 / 46%	4 / 16%	2 / 42%
<i>Начальник управления</i>	1 / 31%	1 / 13%	1 / 64%
<i>Отдел закупки металла</i>	4 / 35%	4 / 4%	3 / 63%
Затраты на ЗП, руб	748 800	748 800	430 400

Из таблицы видно, что внедрение оптимизационных мероприятий позволит компании.

- Сократить длительность согласования на 4 дня.
- Увеличить количество согласованных сделок в 3 раза.
- Сократить количество сотрудников на 18 человек.

- Сэкономить денежные средства предприятия на 318 400 руб.

Выводы по главе два

Разработана концептуальная модель процесса согласования сделок в среде Microsoft Visio. На ее основе с помощью инструмента AnyLogic построена имитационная модель. Проведены эксперименты с регламентными и фактическими исходными данными. Выявлены «узкие места» и сформированы мероприятия по оптимизации процесса.

Предложенные решения позволят компании ЧТПЗ увеличить количество обработанных сделок, сократить время согласования и сэкономить денежные ресурсы на заработную плату сотрудников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрена технология создания имитационной модели процесса согласования сделок компании ЧТПЗ. Обоснована необходимость создания данной разработки. Приведено сравнение существующих на рынке сред имитационного моделирования, выявлены их достоинства и недостатки. В качестве среды разработки выбран инструмент AnyLogic.

На модели был проведен ряд экспериментов с регламентными и фактическими исходными данными. Анализ результатов показал, что реальные показатели существующего процесса не соответствуют нормативам, установленным регламентом. Выявлено, что «узким местом» является операция «Проверить корректность заполнения», поскольку она имеет максимальную длительность, загруженность и количество необработанных сделок.

Приняты следующие решения об автоматизации процесса: регламентация последовательного ввода параметров сделки и автоматизация ручного ввода характеристик продукции путем сужающегося списка. Внедрение данной доработки в КИС ЧТПЗ позволит компании сократить длительность согласования на 4 дня, увеличить количество обработанных сделок в 3 раза и сэкономить денежные средства на заработную плату работникам в размере 300 тыс.руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цифровой двойник: зачем создавать в виртуальной среде симуляторы деталей, двигателей и целых цехов [Электронный ресурс] // URL: <https://cheremuha.com/2018/04/13/digital-twin.html> (Дата обращения 07.01.2017).
2. Цифровой двойник оборудования: системы 3D-моделирования для ПНЗ «Газпромнефти» [Электронный ресурс] // URL: http://www.up-pro.ru/library/information_systems/toir/cifrovoj-dvojnuk.html (Дата обращения 07.01.2017).
3. Технология имитационного моделирования в среде AnyLogic [Электронный ресурс] // URL: https://vuzlit.ru/740418/imitatsionnoe_modelirovanie (Дата обращения 07.01.2017).
4. Коровин А.М. Моделирование систем: учебное пособие к лабораторным работам. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 47 с.
5. Основные преимущества и недостатки имитационного моделирования [Электронный ресурс] // URL: https://vuzlit.ru/987815/osnovnye_preimuschestva_nedostatki_imitatsionnogo_modelirovaniya (Дата обращения: 01.08.2017).
6. Осетрова Н.В., Павелко Я.О. Имитационное моделирование: теория и практика. – Орел, ВЗФЭИ, 2013. – 39 с.
7. Теория массового обслуживания [Электронный ресурс] // URL: <https://studfiles.net/preview/2420007/> (Дата обращения: 10.11.2017).
8. Элементы теории массового обслуживания [Электронный ресурс] // URL: https://math.semestr.ru/смо/смо_lectures.php (Дата обращения: 10.11.2017).
9. Самусевич Г.А. Теория массового обслуживания. – Екатеринбург: УрТИСИ ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2010. – 17 с.
10. Arena – система имитационного моделирования [Электронный ресурс] // URL: <http://www.interface.ru/sysmod/arena.htm> (Дата обращения: 10.11.2017).

11. Extendsim: power tools for simulation [Электронный ресурс] // URL: <https://www.extendsim.com/index.php> (Дата обращения: 10.11.2017).
12. AnyLogic [Электронный ресурс] // URL: <https://www.anylogic.ru/> (Дата обращения: 10.11.2017).
13. AutoMod [Электронный ресурс] // URL: <http://www.automod.se/eng/home.html> (Дата обращения: 10.11.2017).
14. Promodel: Better Decisions – Faster [Электронный ресурс] // URL: <https://www.promodel.com/> (Дата обращения: 10.11.2017).
15. Концептуальная модель [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Концептуальная_модель (Дата обращения: 10.11.2017).
16. Лекция 5: Первая стадия концептуального проектирования базы данных (концептуальное моделирование) [Электронный ресурс] // URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/508/364/lecture/8647?page=2> (Дата обращения: 07.01.2017).
17. Что такое концептуальная модель? [Электронный ресурс] // URL: <http://fb.ru/article/144365/chto-takoe-kontseptualnaya-model> (Дата обращения: 07.01.2017).
18. Microsoft Visio [Электронный ресурс] // URL: <https://officeapplications.net/microsoft-visio/> (Дата обращения: 07.08.2017).
19. Боев В.Д. Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7:.. – СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Выдержка из регламента ввода и согласования позиций сделок ПАО «ЧТПЗ»

Таблица А.1 – Время выполнения операций

№ п/п	Описание операции	Ответственный	Время выполнения операции, периодичность	Результат	Получатель
1	Ввод сделки (кроме сделки ТОК)				
1.1	Ввод сделки в КИС в сортаменте, соответствующем справочнику КИС и не имеет дополнительных требований	МП КД	По мере появления	Заведенная сделка в КИС с определенным сортаментом и себестоимости по позиции сделки	МП КД
1.2	Ввод сделок в КИС в сортаменте, который отсутствует в справочнике КИС или имеет дополнительные требования	МП КД	По мере появления	Заведенная сделка в КИС без определения сортамента и/или себестоимости по позиции сделки	ОЗП
1.2.1	Проверка корректности ввода позиций сделок	ОЗП	Не более 2 часов рабочего дня для одной позиции*	Запись в истории согласования позиции сделки в КИС: - с рекомендациями по исправлению ошибок ввода (при наличии); - с определением сортамента по позиции сделки; - с отказом в возможности изготовления	МП КД
1.2.2	Устранение замечаний (при наличии) по вводу	МП КД		Запись в истории согласования позиции сделки в КИС об определении сортамента и себестоимости; о готовности для согласования/ акцепта	ОЗП, НУ КД
2	Ввод сделок ТОК				
2.1	Ввод реквизитов контрагентов; Отправка сделки для ввода позиций	МП КД	По мере появления	Сделка с реквизитами; Уведомление о необходимости ввода позиций сделок в КИС	ОЗП
2.2	Ввод позиций сделок в КИС в сортаменте, соответствующем справочникам	ОЗП	Не более 15 минут для одной позиции*	Заведенная сделка в КИС	МП КД
2.3	Ввод в КИС позиций сделок, в сортаменте, отсутствующем в справочниках	ОЗП	Не более 30 минут для одной позиции*	Запись сделки в КИС без привязки к сортаменту.	ОПП, ТО, ПДГ/ЛТГ

Продолжение приложения А

№ п/п	Описание операции	Ответственный	Время выполнения операции, периодичность	Результат	Получатель
3	Проверка сортамента, возможности изготовления, возможности обеспечения металлом				
3.1	Отправка позиции сделки для согласования возможности изготовления, возможности обеспечения металлом, пополнения справочников в КИС	ОЗП	Не более 15 минут для одной позиции*	Запись в истории согласования позиции сделки в КИС	ОПП, ТО, ПДГ/ПТГ
3.2	Проверка сортамента, возможности изготовления, возможности поставки металла	ОПП, ТО, ПДГ/ПТГ	Не более 2 часов для одной позиции на каждом узле*	Запись в истории согласования позиции сделки в КИС по определению сортамента или отказ в возможности изготовления	ОЗП
4	Расчет цены				
4.1	Отправка позиции сделки для расценки	ОЗП, ТО	При необходимости	Запись в КИС об определении цены; Запись в КИС об отсутствии цены	МП КД, ОЦ, ДФиЭ
4.2	Запрос стоимости заготовки	ОЦ, ДФиЭ	Не более 1 рабочего дня для одной позиции	Запись в КИС об отсутствии цены заготовки	ДпЗ
4.3	Расценка позиции сделки	ОЦ, ДФиЭ	Не более 2 часов для одной позиции	Запись в КИС об определении цены, завершении согласования позиции сделки	ОЗП
5	Согласование сроков поставки продукции по сделкам КК				
5.1	Формирование справки по загрузке станов и сроков исполнения заказов	ОПП	2 раза в неделю	Справка на портале	ОЗП, МП КД
5.2	Отправка позиции сделки КК для определения сроков исполнения	МП КД	По мере появления	Запись в КИС о необходимости определения сроков изготовления	ОПП
5.3	Согласование сроков поставки продукции по сделкам КК	ОЗП	Не более 2 часов для одной позиции*	Запись в КИС о согласовании сроков поставки с определением: - крайней даты включения; - срока отгрузки из Общества; - срока доставки продукции с учетом условий перехода права собственности	МП КД

Окончание приложения А

№ п/п	Описание операции	Ответственный	Время выполнения операции, периодичность	Результат	Получатель
6	Акцепт сделки	МП КД, НУ КД, ДП, КД	Не более 1 рабочего дня с момента получения	Запись в КИС об акцепте сделке. Возможность формирования спецификации, возможность формирования заявки на металл	МП КД
7	Формирование спецификации на основании акцептованной сделки для согласования с контрагентом	МП КД	По необходимости	Спецификация	Контрагент
8	Ввод признака «к заявке на металл» в акцептованной сделке	МП КД	По необходимости	Запись в КИС признака «к заявке на металл».	ОПП
<p>Примечание: обработка и согласование сделок КК являются приоритетными для всех служб, участвующих в согласовании.</p> <p>*Время обработки позиции: с момента открытия на узле Получателя поступившей позиции. Позиция на узле Получателя должна быть открыта и обработана в срок не позднее 1 рабочего дня с даты получения.</p>					