

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ”

**ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА СКЛАДЕ
СРЕДСТВАМИ BUSINESS STUDIO**

ЕКАТЕРИНБУРГ
2021

Содержание

Введение	4
1. Анализ предметной области	5
2. Постановка задачи	5
3. Создание диаграммы процесса работы склада	6
4. Задание параметров модели для имитации	9
4.1. Задание правил возникновения стартового события процесса ..	9
4.2. Задание правил ветвления	12
4.3. Заполнение параметров ФСА процессов	14
4.4. Заполнение параметров ФСА субъектов	16
4.5. Работа с переменными ресурсами	19
5. Имитация выполнения бизнес-процесса	20
5.1. Запуск имитации	20
5.2. Наблюдение за ходом имитации	23
6. Анализ результатов имитации	25
7. Оптимизация бизнес-процесса	28
Заключение	30
Библиографический список	30
Приложения	31
Приложение 1. Отчет по функционально-стоимостному анализу процесса	31
Приложение 2. Отчет по загрузке временных ресурсов, использованных в ходе имитации	32

Введение

Современные представления об управлении предприятием базируются на том, что бизнес необходимо четко определять, измерять, анализировать и улучшать. Создание модели бизнес-процессов предприятия позволяет рассмотреть и осуществить первоначальный анализ его деятельности. Более глубокий анализ бизнес-процессов на предприятии возможно осуществлять, используя метод *имитационного моделирования*. Имитационное моделирование позволяет:

- определить время, затрачиваемое на выполнение каждого процесса;
- найти самые затратные и самые длительные процессы;
- найти «бутылочные горлышки» — перегруженные ресурсы, к которым постоянно выстраивается очередь операций, в результате чего они задерживают выполнение всех процессов;
- получить рекомендацию о необходимом количестве таких ресурсов;
- найти ресурсы с низкой загрузкой.

Таким образом, механизм имитационного моделирования позволяет оптимизировать бизнес-процессы предприятия, не проводя эксперименты над компанией и сотрудниками.

1. Анализ предметной области

Современный крупный склад — это сложная система, которая состоит из многочисленных взаимосвязанных элементов, имеет определенную структуру и выполняет ряд функций по преобразованию материальных и информационных потоков. Во время слаженной работы склада осуществляется прием, хранение, переработка и распределение грузов и сопроводительной документации между потребителями.

Бизнес-процессы склада для эффективной его работы необходимо анализировать и улучшать. Проблема оптимизации бизнес-процессов склада возникает у многих предприятий и является весьма актуальной, поскольку излишки запаса на складе замораживают денежные средства и снижают финансовую активность, а их недостаток вызывает перебои в работе предприятия.

В рамках данной работы будут проанализированы и оптимизированы следующие операции, выполняемые работниками склада:

- разгрузка машин;
- приемка товара;
- размещение товара на складе.

2. Постановка задачи

В качестве примера рассмотрим небольшой склад. Для обслуживания транспорта на складе предусмотрены два разгрузочных поста, два грузчика, два кладовщика, бухгалтер и четыре дополнительных парковочных места для машин на территории склада. Машины с грузом на склад прибывают не в определенное время, а в случайные моменты времени, т.е. интервал между прибытием машин — случайная величина. Количество груза, которое находится в машине — тоже величина случайная, следовательно, время разгрузки товара для каждой прибывшей на склад машины является случайным. Из-за хаотичного прибытия машин на склад возникает проблема увеличения времени простоя транспорта и неравномерной загрузки персонала склада.

Цель работы: проверить, проведя имитационное моделирование, хватит ли пропускной способности склада для того, чтобы обслужить все машины, приезжающие на склад.

Для этого необходимо:

- построить модель бизнес-процессов склада в нотации EPC для проведения имитации;
- задать параметры выполнения модели для имитации;
- выполнить имитацию этих процессов;
- произвести анализ результатов имитации и найти решение по улучшению эффективности работы склада.

Для проведения имитации работы склада целесообразно использовать систему бизнес-моделирования Business Studio.

3. Создание диаграммы процесса работы склада

Диаграмма процесса в нотации ЕРС, представляет собой упорядоченную комбинацию событий и функций (рис. 1). Для каждой функции могут быть определены начальные и конечные события, участники, исполнители, материальные и документальные потоки, сопровождающие её.

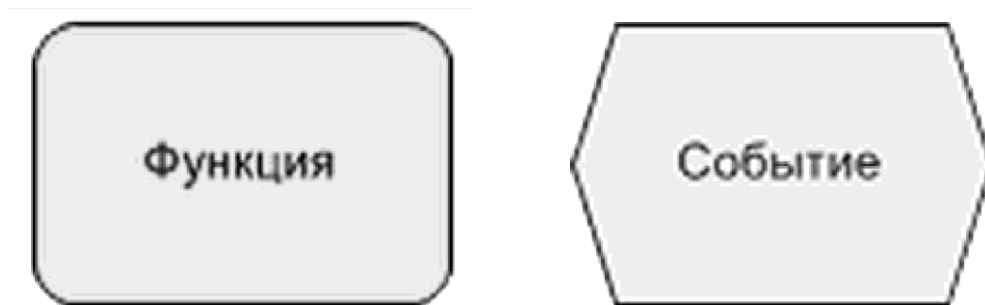


Рис. 1. Элементы диаграммы ЕРС

При построении диаграмм процессов, для которых в дальнейшем будет проведена имитация, необходимо придерживаться некоторых правил.

1. Диаграмма функции ЕРС должна обязательно начинаться как минимум одним стартовым событием и завершаться, как минимум, одним конечным событием.

2. События и функции по ходу выполнения процесса должны чередоваться.

3. События и функции должны содержать строго по одной входящей и одной исходящей связи, отражающей ход выполнения процесса.

4. На диаграмме не должны присутствовать объекты без единой связи.

5. Каждый оператор слияния должен обладать хотя бы двумя входящими связями и только одной исходящей, оператор ветвления — только одной входящей связью и хотя бы двумя исходящими. Операторы не могут обладать одновременно несколькими входящими и исходящими связями.

Если оператор обладает входящей связью от элемента «событие», то он должен обладать исходящей связью к элементу «функция» и наоборот.

В соответствии с перечисленными правилами была построена диаграмма процесса работы склада, представленная на рис. 2.

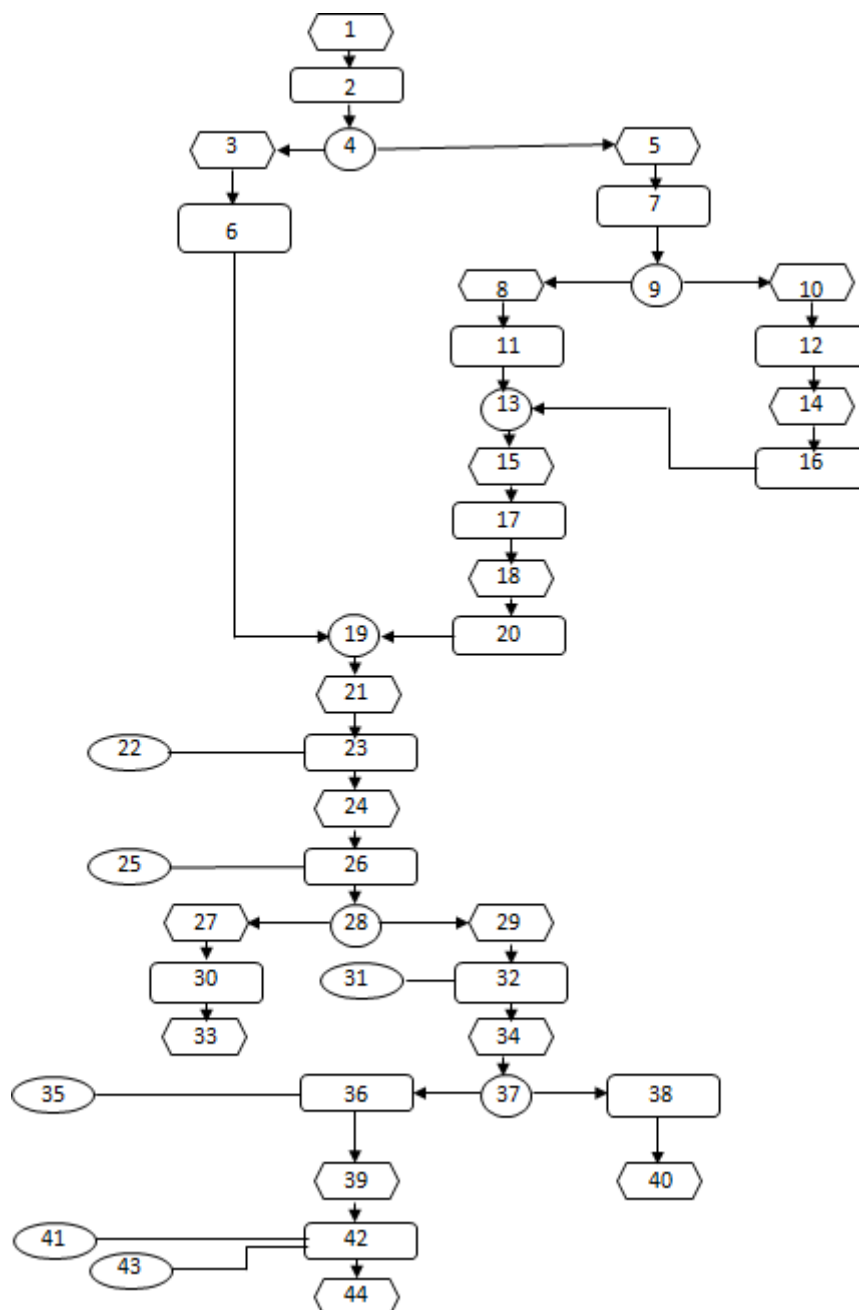


Рис. 2. Диаграмма процесса «Разгрузка и обслуживание машин на складе»

На рис. 2 показаны следующие элементы:

- 1 — Приехала машина с товаром
- 2 — Проверка наличия свободных мест разгрузки
- 3 — Свободное место разгрузки есть
- 4 — XOR
- 5 — Свободного места разгрузки нет
- 6 — Проезд на разгрузку
- 7 — Проверка наличия мест на парковке
- 8 — Свободные места на парковке есть

- 9 — XOR
- 10 — Свободных мест на парковке нет
- 11 — Проезд на парковку
- 12 — Ожидание на дороге
- 13 — XOR
- 14 — На парковке появились свободные места
- 15 — Машина на парковке
- 16 — Проезд с дороги на парковку
- 17 — Ожидание на парковке
- 18 — Освободилось место разгрузки
- 19 — XOR
- 20 — Проезд с парковки на разгрузку
- 21 — Машина на разгрузке
- 22 — Бухгалтер
- 23 — Прием документов
- 24 — Документы приняты
- 25 — Кладовщик
- 26 — Проверка соответствия товара документации
- 27 — Товар не соответствует документации
- 28 — XOR
- 29 — Товар соответствует документации
- 30 — Выезд машины с территории склада
- 31 — Грузчик
- 32 — Разгрузка товара
- 33 — Машина уехала
- 34 — Товар разгружен
- 35 — Кладовщик
- 36 — Приходование товара
- 37 — AND
- 38 — Выезд машины с территории склада
- 39 — Товар оприходован
- 40 — Машина уехала
- 41 — Грузчик
- 42 — Размещение товара на хранение на складе
- 43 — Кладовщик
- 44 — Разгрузка товара завершена

4. Задание параметров модели для имитации

4.1. Задание правил возникновения стартового события процесса

Для каждого процесса, который должен запускаться по своим законам, необходимо задать правила его запуска во время имитации. Процесс запускается на выполнение, если срабатывает хотя бы одно из его стартовых событий.

Рассматриваемый в качестве примера склад осуществляет прием машин с 9 : 00 до 15 : 00. Машины, прибывшие позже, в этот день не обслуживаются. Интервал между прибытиями машин составляет 30 минут. Но, принимая во внимание всю сложность прогнозирования точного времени, в течение которого машина будет находиться в пути на склад, машины могут подъехать как раньше назначенного времени, так и позже. Поэтому для моделирования интервала между прибытиями машин используем нормальный закон распределения с математическим ожиданием 30 минут, стандартным отклонением 5 минут и возможным диапазоном значений от 5 минут до 1 часа.

Зададим правила возникновения стартового события процесса работы склада «Приехала машина с товаром» (рис. 3). Для этого выбираем на диаграмме событие «Приехала машина с товаром» и открываем его свойства. В окне свойств события все параметры, относящиеся к имитационному моделированию, сгруппированы в одном поле «Параметры ФСА».

В первую очередь, в поле «Интервал» задаем интервал времени (рис. 4), в течение которого будет возникать событие «приехала машина с товаром». Выбираем длительность шаблона «сутки» и указываем время. В нашем случае машины прибывают с 9 : 00 до 15 : 00. Задаем частоту повторений — «Ежедневно — каждый 1 день».

Интервал	Тип случайной величины	Закон распределения	Количество событий
9:00:00 — 15:00:00	Шаг повторения	Нормальный ($\mu=0:30:00$; $\sigma...$)	

Рис. 3. Параметры правил возникновения стартового события

Интервалы: 9:00:00 — 15:00:00

Интервал возникновения событий

☒ Сутки Время возникновения событий:

☐ Год ☒ Задать: начало 09:00:00 окончание 15:00:00 длительность 06:00:00

☐ Рабочее время по календарю: X Базовый календарь ...

Повторять

☐ Нет

☒ Ежедневно ☐ каждый 1 рабочий день

☐ Еженедельно по календарю: X ...

☐ Ежемесячно ☒ каждый 1 день

☐ Ежегодно ☐ скользящий график: Рабочие дни: 1 Выходные дни: 1

Пределы повторения

Начало: 13.03.2014 Окончание: ☒ нет конечной даты

☐ завершить после 1 повторений

☐ дата окончания

Сохранить Закрыть

Рис. 4. Параметры интервала

Будем задавать случайное событие с помощью случайной величины — «шаг повторения». Шаг повторения выбирается в случае, когда необходимо задать временной промежуток между моментами возникновения случайных событий в течение интервала. В нашем случае это случайный временной промежуток между прибытиями машин.

Для задания случайной величины «шаг повторения» необходимо задать закон (функцию) распределения. Выбирается тип этого закона из выпадающего меню и задаются его параметры (рис. 5). В нашем случае выбираем нормальный закон распределения, для которого устанавливаем значения верхней и нижней допустимых границ, и параметры нормального закона: математическое ожидание и стандартное отклонение. По заданным параметрам строится график закона распределения.

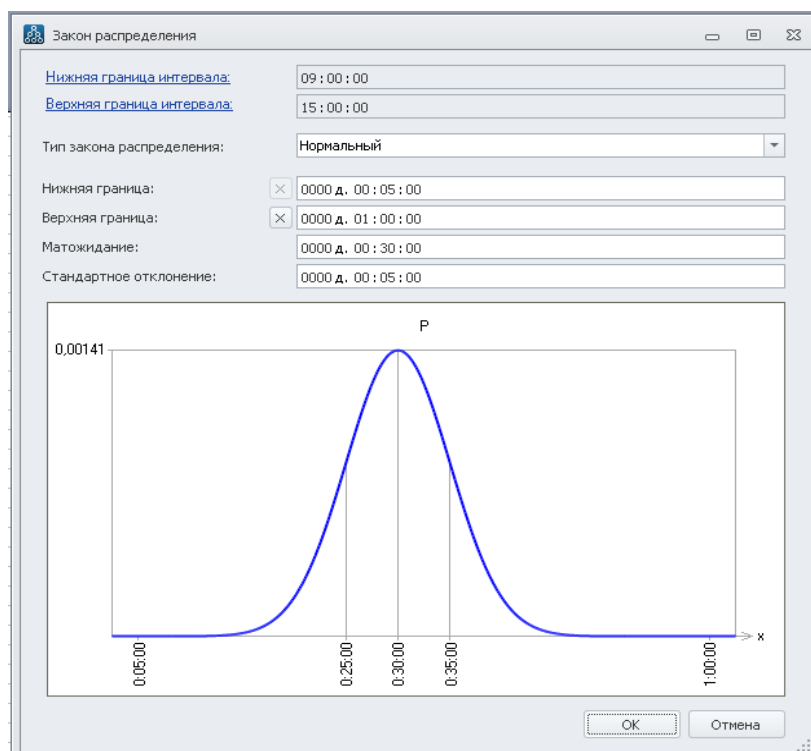


Рис. 5. Параметры закона распределения

Нормальный закон распределения наблюдается тогда, когда в формировании диапазона значений случайных величин участвует множество факторов, каждый из которых влияет по-своему на значение случайной величины. Чем больше стандартное отклонение (σ), тем более пологой будет кривая.

Задав правила возникновения события, можно смоделировать моменты возникновения событий в течение произвольного периода (рис. 6), нажав гиперссылку «Смоделировать моменты возникновения события» в окне свойств события.

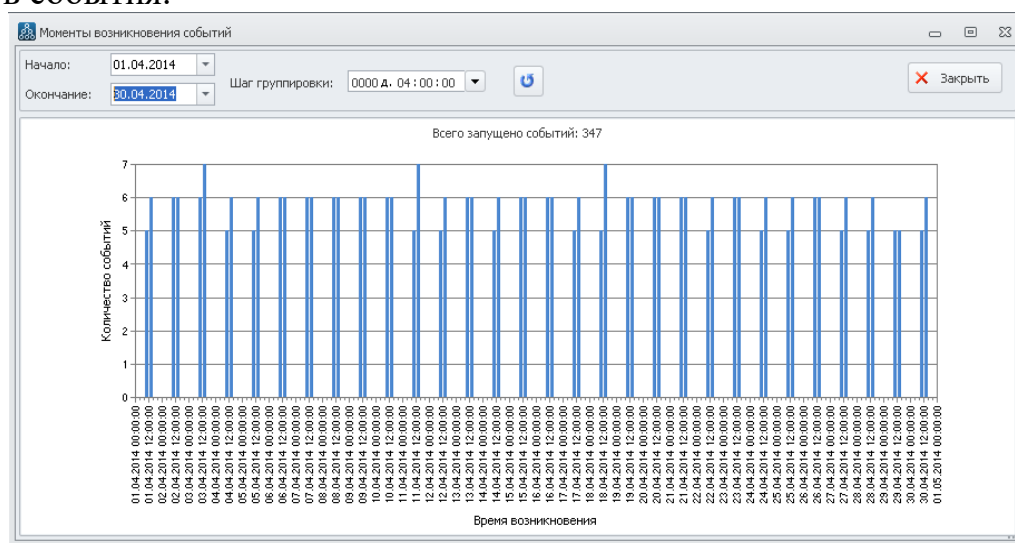


Рис. 6. Моменты возникновения события

4.2. Задание правил ветвления

Возникновение стартового события «Приехала машина с товаром» запускает последовательное выполнение шагов процесса «Разгрузка и обслуживание машин на складе», завершение одного шага приводит к началу выполнения следующего. На диаграмме присутствуют точки ветвления, в которых системе необходимо принять решение, по какому пути продолжить выполнение процесса.

Для каждого события, следующего за оператором XOR, в свойствах события задается либо вероятность возникновения, либо условия (рис. 7).

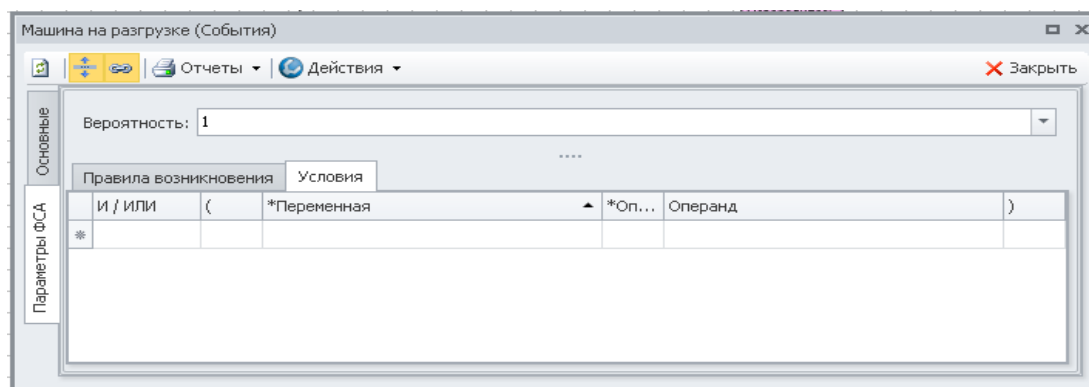


Рис. 7. Задание параметров события

Для события «Товар не соответствует документации» зададим вероятность 0.1, а для события «Товар соответствует документации» — 0.9. Сумма вероятностей для этих двух событий должна равняться 1, так как они составляют полную группу событий.

Для перехода к событию «Свободное место разгрузки есть» сформируем логическое выражение, при выполнении которого будет выполняться переход (рис. 8). Для этого в свойствах события на вкладке «условия» зададим в поле «Переменная» значение «Место разгрузки.Количество» (выбирается из списка переменных ФСА, см. ниже), в поле «Операция» — «>=», в поле «Операнд» — 1, т.е. есть хотя бы одно свободное место.

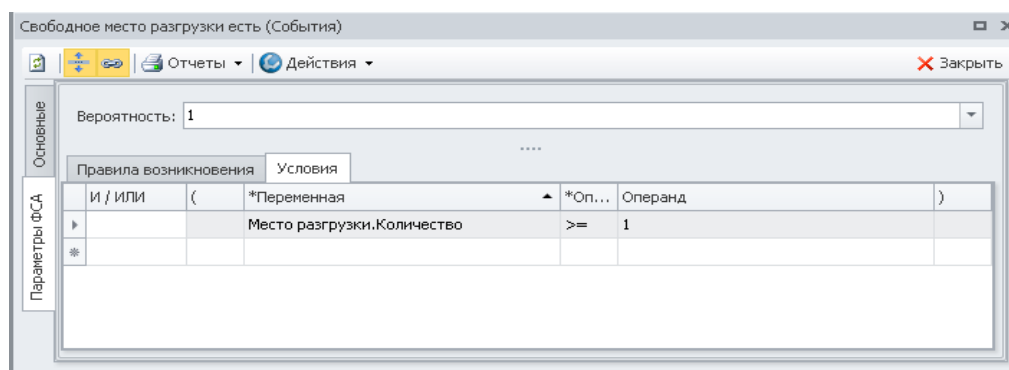


Рис. 8. Задание условия перехода по стрелке

Аналогично для события «Свободного места разгрузки нет» указываем условие — «Место разгрузки. Количество < 1», для события «Сводные места на парковке есть» — «Место парковки. Количество ≥ 1 » и для события «Свободных мест на парковке нет» — «Место парковки. Количество < 1».

Для того чтобы переменная могла быть использована для формирования логического выражения, она должна быть создана. Для начала создаем два объекта ТМЦ: место разгрузки и место парковки. Переменные этих объектов создаются в свойствах объекта на закладке «Переменные» в «Параметрах ФСА» соответствующего объекта (рис. 9).

Для объекта «Место разгрузки» задаем в поле «имя» значение «Количество», в «тип» — «Целый», в «Стартовое значение» — «2» и в «Нижняя граница» — «0». Аналогичную операцию проводим и для объекта «место парковки», только в поле «Стартовое значение» указываем значение «4», так как на складе предусмотрены 4 места парковки для приезжающих машин.

Место разгрузки (ТМЦ)

Оформление: Отчеты Действия Сохранить Закрыть

Основное

Параметры ФСА

Материальный ресурс

Цена: 0 Валюта: X

Единица измерения: X

Тип ресурса: X Глобальный

Постоянные расходы

Ставка: Валюта: X

Период ставки: X

База распределения: X


Календарь списания: X

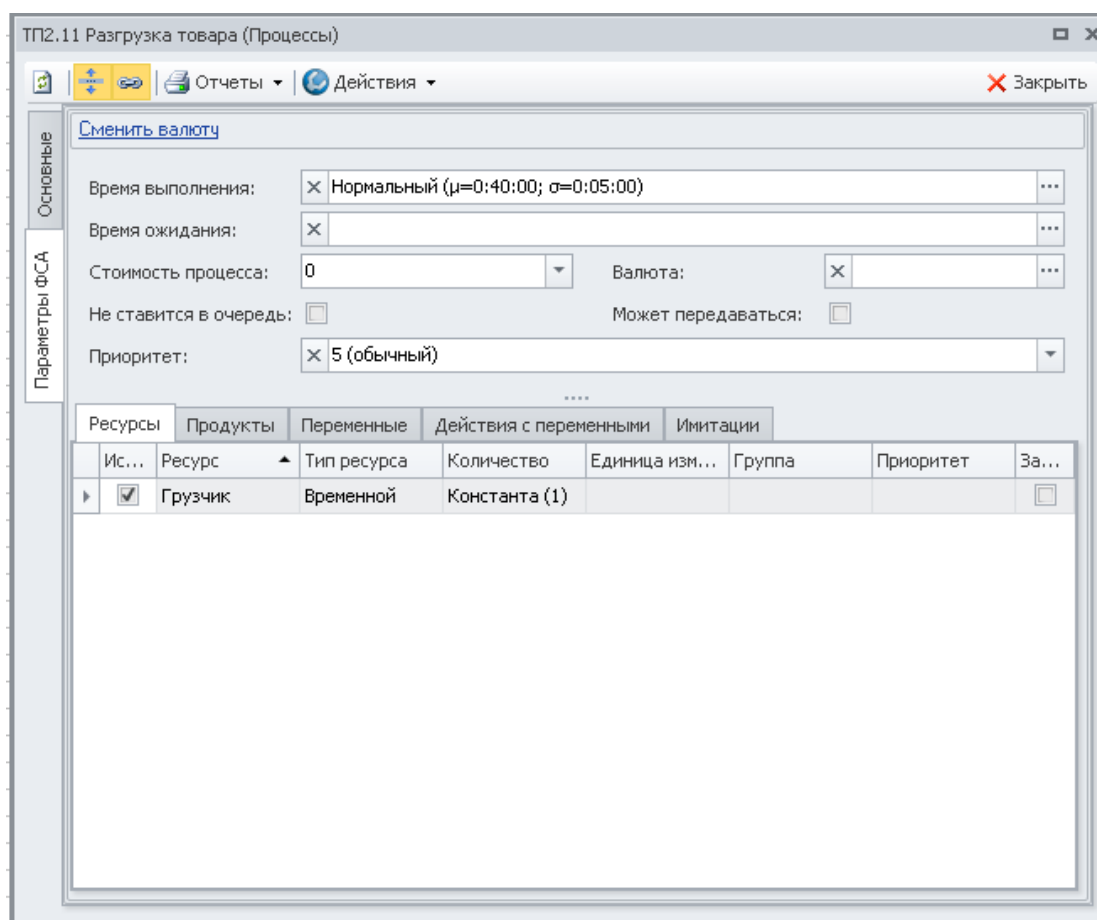
Смены Переменные

*Имя	*Тип	Стартовое з...	Нижняя граница	Верхняя граница	Комментарий
Количество	Целый	2	0		
*					

Рис. 9. Задание переменной объекта

4.3. Заполнение параметров ФСА бизнес-процессов

Количество разгруженных машин на складе напрямую зависит не только от времени разгрузки одной машины, а также от времени выполнения каждого шага бизнес-процесса, поэтому для проведения имитации необходимо заполнить ряд параметров в окне свойств процесса. Открыть окно свойств процесса можно с помощью кнопки . В окне все параметры, относящиеся к имитационному моделированию и функционально-стоимостному анализу, сгруппированы на одной вкладке «Параметры ФСА» (рис. 10).



Ис...	Ресурс	Тип ресурса	Количество	Единица изм...	Группа	Приоритет	За...
▶	Грузчик	Временной	Константа (1)				<input type="checkbox"/>

Рис. 10. Параметры ФСА процесса

Параметр ФСА «Время выполнения» задает трудоемкость выполнения процесса — время, требуемое для выполнения процесса при условии, что сотрудник (или другой временной ресурс) будет выполнять этот процесс без перерывов. Время выполнения может быть задано в виде константы или в виде случайной величины с помощью дискретного или непрерывного закона распределения.

В нашем случае, время выполнения процесса «Проверка наличия свободных мест разгрузки» можно принять небольшой детерминированной величиной. Например, пусть этот процесс выполняется в течение 1 минуты, тогда в поле «время выполнения» для этого процесса необходимо указать «Тип закона распределения» — «Константа» и установить значение «1 минута» (рис. 11).

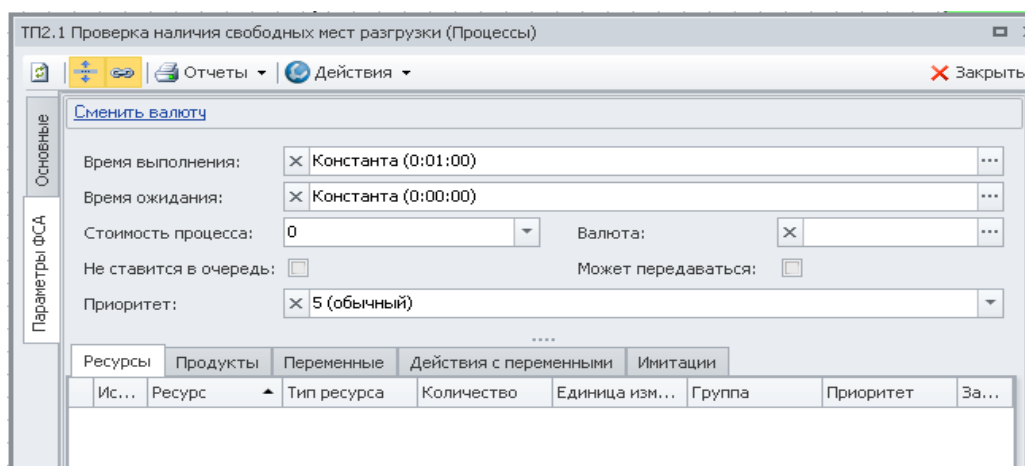


Рис. 11. Время выполнения процесса

Для всех процессов, расположенных на диаграмме, необходимо в окне свойств процесса заполнить время их выполнения. Длительности шагов бизнес-процесса «Разгрузка и обслуживание машин на складе» приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Длительности шагов процесса

Шаг процесса	Длительность
Проверка наличия свободных мест разгрузки	1 минута
Проезд на разгрузку	2 минуты
Проверка наличия мест на парковке	1 минута
Проезд на парковку	2 минуты
Ожидание на парковке	0 (время моделируется системой автоматически)
Проезд с парковки на разгрузку	2 минуты
Ожидание на дороге	0 (время моделируется системой автоматически)
Проезд с дороги на парковку	2 минуты
Прием документов	5 минут
Проверка соответствия товара документации	Равномерный закон распределения: — нижняя граница — 1 минута — верхняя граница — 5 минут
Выезд машины со склада	2 минуты

Шаг процесса	Длительность
Разгрузка товара	Нормальный закон распределения: — нижняя граница — 10 минут — верхняя граница — 1 час — математическое ожидание — 40 минут — стандартное отклонение — 5 минут
Приходование товара	Нормальный закон распределения: — нижняя граница — 5 минут — верхняя граница — 30 минут — математическое ожидание — 10 минут — стандартное отклонение — 1 минута
Размещение товара на хранение	Нормальный закон распределения: — нижняя граница — 10 минут — верхняя граница — 1 час — математическое ожидание — 30 час — стандартное отклонение — 5 минут
Выезд машины со склада	2 минуты

4.4. Заполнение параметров ФСА субъектов

Длительность шага процесса зависит не только от нормативного времени его выполнения, но и от доступности ресурсов (трудовых и производственных), необходимых для его выполнения. Если необходимых ресурсов в нужный момент времени нет, то выполнение процесса останавливается.

Шаги по обслуживанию машины на складе выполняют сотрудники склада. Перечень и количество ресурсов, необходимых для выполнения каждого шага процесса, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Перечень трудовых ресурсов, необходимых для выполнения процесса

Шаг процесса	Ресурсы	Количество ресурсов
Прием документов	Бухгалтер	1
Проверка соответствия товара документации	Кладовщик	1
Разгрузка товара	Грузчик	1
Приходование товара	Кладовщик	1
Размещение товара на хранение на складе	Грузчик	1
	Кладовщик	1

Штатное расписание склада приведено в табл. 3.

Временные ресурсы

Ресурсы	Название смены	Календарь	Количество экземпляров	Ставка в час
Бухгалтер	Смена 1	Календарь 1	1	100
Кладовщик	Смена 1	Календарь 1	2	100
Грузчик	Смена 1	Календарь 1	2	50

Для проведения имитации необходимо для каждого сотрудника заполнить параметры ФСА в окне свойств субъекта. Определение параметров субъекта, используемого в качестве временного ресурса, происходит на вкладке «Смены» (рис. 12). Ресурс может работать в одну или несколько смен. Для каждой смены задаются свои часы работы и ставка в час.

Например, для временного ресурса «бухгалтер» необходимо в его свойствах на закладке «Параметры ФСА» внести данные из таблицы 3 в поля, которые находятся на вкладке «Смена» (рис. 13).

Бухгалтер (Субъекты)

Оформление: Стандартный

Отчеты Действия

Сохранить Заккрыть

Основные

Параметры должности

Параметры ФСА

Материальный ресурс

Цена: 0 Валюта: X

Единица измерения: X

Тип ресурса: X Глобальный

Постоянные расходы

Ставка: Валюта: X

Период ставки: X

База распределения: X

Календарь списания: X

Смены Переменные

[Создать смену по умолчанию](#)

Название	Календарь	Количество экз...	Ставка в час	Валюта ставки
Смена 1	Календарь1	1	100, Рубли	
*				

Рис. 12. Параметры ФСА субъекта

Название	Календарь	Количество экз...	Ставка в час	Валюта ставки
Смена 1	Календарь1	1	100	Рубли
*				

Рис. 13. Параметры смены

Календари работы экземпляров ресурса создаются в справочнике «Календари» (меню ФСА → Календари). Рабочие дни отображаются в календаре белым цветом, нерабочие дни — серым цветом. Календарь, по которому работают сотрудники склада, представлен на рис. 14.

Календари 'Календарь1'

Название: Календарь1

Рабочее время | Исключения

	Начало	Окончание	Длительность
I	9:00:00	17:00:00	8:00:00
*			

Повторять

☐ Нет

☒ Ежедневно ☐ каждый рабочий день

☐ Еженедельно Рабочие дни:

☐ Ежемесячно ☒ каждый день

☐ Ежегодно ☐ скользящий график: Рабочие дни: Выходные дни:

Пределы повторения

Начало: Окончание: ☒ нет конечной даты

☐ завершить после повторений

☐ дата окончания

Сохранить Заккрыть

Рис. 14. Параметры календаря

Для каждого календаря на закладке «Исключения» можно задать перечень исключений. В качестве исключений могут быть заданы праздничные дни, сокращенные рабочие дни, продленные смены и т. д. День-исключение может быть создан путем добавления новой строки на закладке «Исключения» или путем выделения конкретного дня в календаре и использования команды контекстного меню «Создать исключение». Если день, в который действует ис-

ключение, — день с измененными интервалами рабочего времени, то он отображается в календаре желтым цветом. Если день, в который действует исключение, — нерабочий день, то он отображается в календаре синим цветом.

4.5. Работа с производственными ресурсами

В рамках работы склада используются также и производственные ресурсы. Они представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Производственные ресурсы

Ресурсы	Количество ресурсов
Место разгрузки	2
Место парковки	4

Данные ресурсы в Business Studio моделируются как переменные ресурсы: их количество уменьшается, когда машина занимает место, и увеличивается, когда машина его покидает. Если все места закончились (количество = 0), то процесс переходит в режим ожидания, пока нужное место не появится.

Например, для процесса «Проезд с парковки на разгрузку» необходимо в свойствах этого процесса, на закладке «Параметры ФСА» перейти на вкладку «Действия с переменными» и внести в поля соответствующие значения: «Место парковки. Количество + 1» и «Место разгрузки. Количество — 1» (рис. 15). Для процесса «Выезд машины с территории склада» на закладке «Действия с переменными» в свойствах процесса необходимо в соответствующие поля внести значения «Место разгрузки. Количество + 1». Аналогичные действия нужно провести для всех процессов, в которых участвуют временные ресурсы.

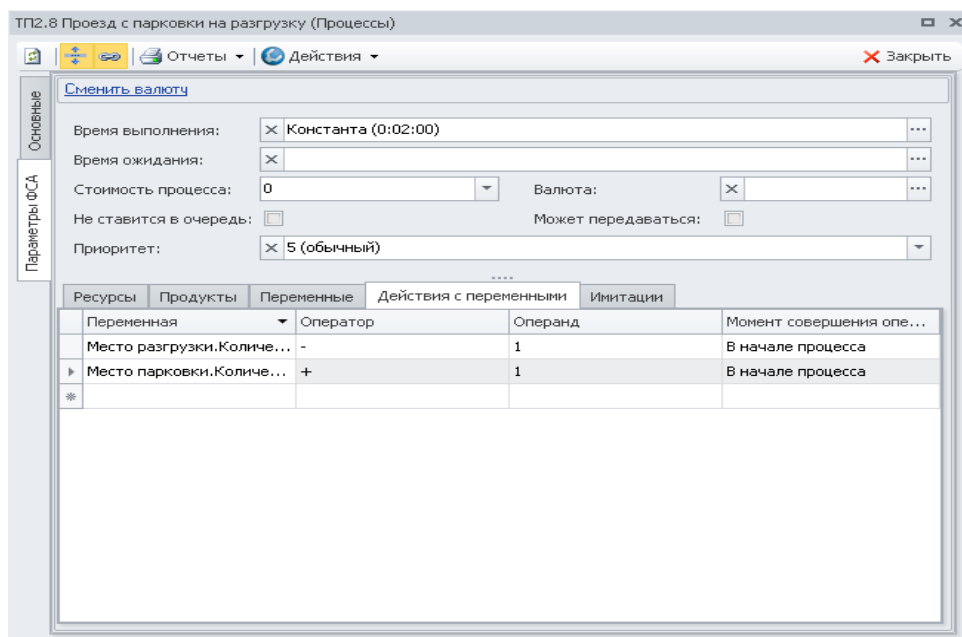


Рис. 15. Работа с производственными ресурсами

5. Имитация выполнения бизнес-процесса

5.1. Запуск имитации

После того как создана диаграмма «Разгрузка и обслуживание машин на складе» и заполнены все необходимые параметры функционально-стоимостного анализа (ФСА), можно запускать имитацию. Для запуска имитации необходимо воспользоваться пунктом меню «Анализ процессов → Запустить новую имитацию». Откроется окно имитации (рис. 16).

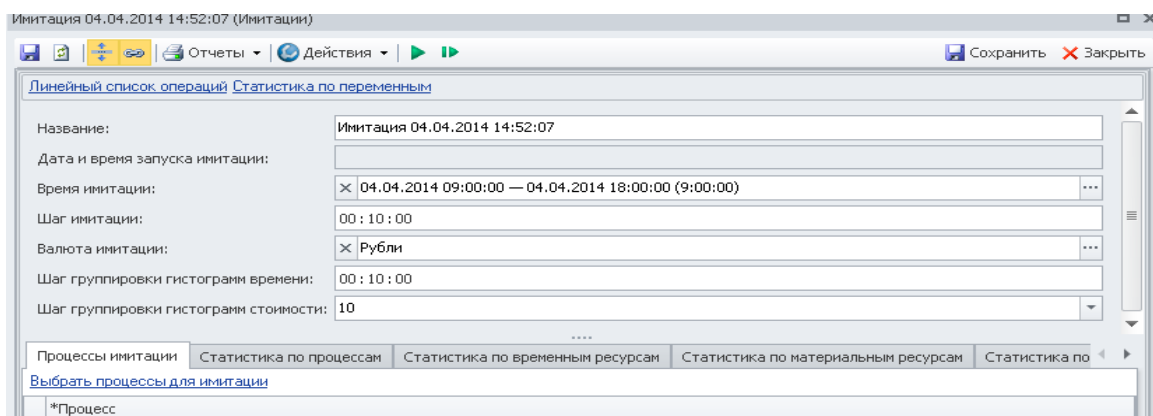


Рис.16. Окно имитации

Перечень процессов, выполнение которых необходимо проимитировать, добавляется на закладку «Процессы имитации». Добавить процессы в список можно с помощью гиперссылки «Выбрать процессы для имитации». При этом откроется окно выбора объектов (рис. 17). В этом окне галочками отмечаются необходимые объекты.

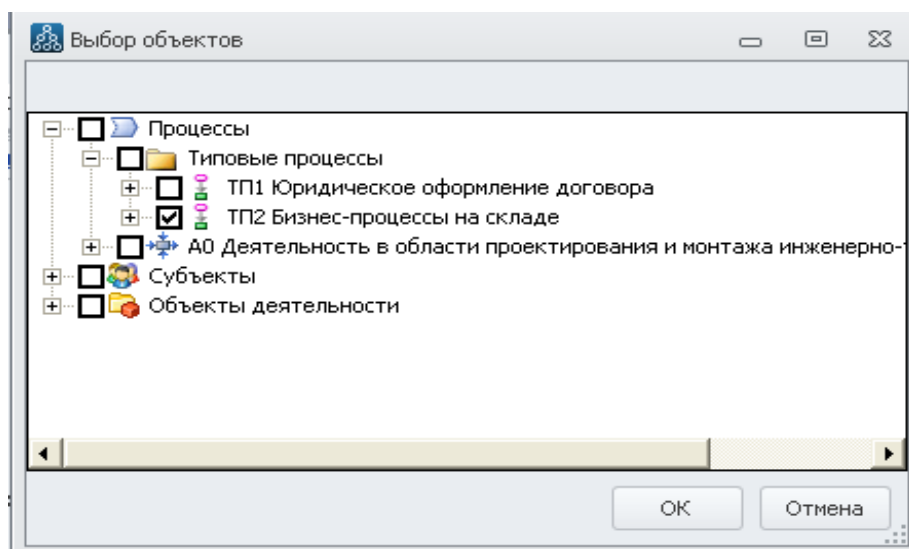


Рис. 17. Окно выбора процессов имитации

В окне имитации необходимо задать ее параметры (рис.18):

- время имитации — 9 : 00—17 : 00;
- шаг имитации — 10 минут;
- шаг группировки гистограмм времени — 10 минут;
- шаг группировки гистограмм стоимости — 10.

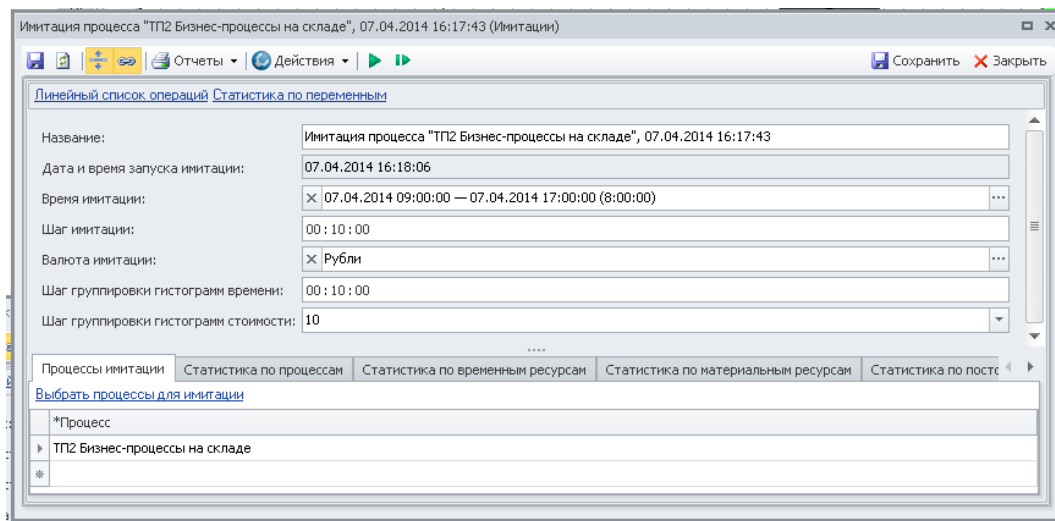




Рис. 18. Окно имитации

В Business Studio существуют два режима имитации: автоматический и пошаговый. Режим автоматической имитации запускается по кнопке . Пошаговый режим имитации запускается по кнопке .

Нажатие на одну из этих кнопок приводит к открытию окна хода имитации (рис. 19).

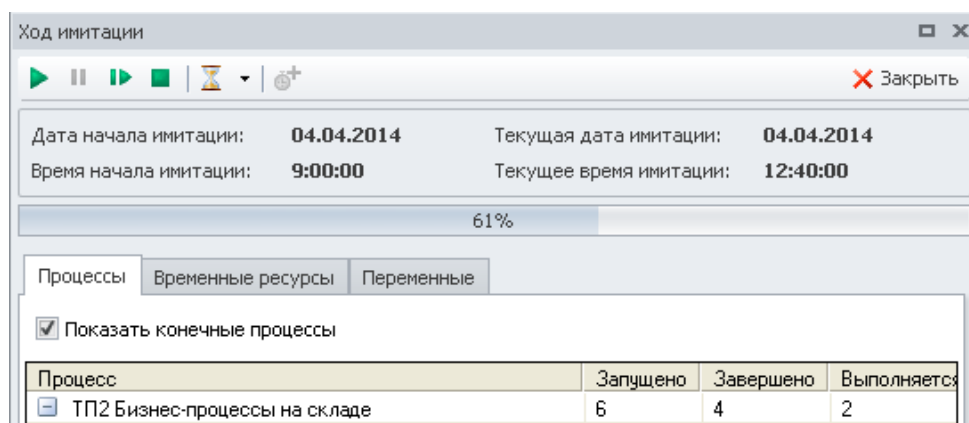



Рис. 19. Окно хода имитации (закладка «Процессы»)

Имитацию можно запустить с диаграммы процесса «Разгрузка и обслуживание машин на складе» по кнопке , которая расположена на Панели инструментов диаграммы процесса. В открывшемся окне имитации про-

цесс, с диаграммы которого запущена имитация, будет добавлен в список «Процессы имитации» автоматически.

Во время имитации для процессов диаграммы отображается количество повторений событий и операторов.

Если запущена пошаговая имитация, то на диаграмме рамкой выделяются элементы, которые выполняются во время текущего шага имитации (рис. 20).

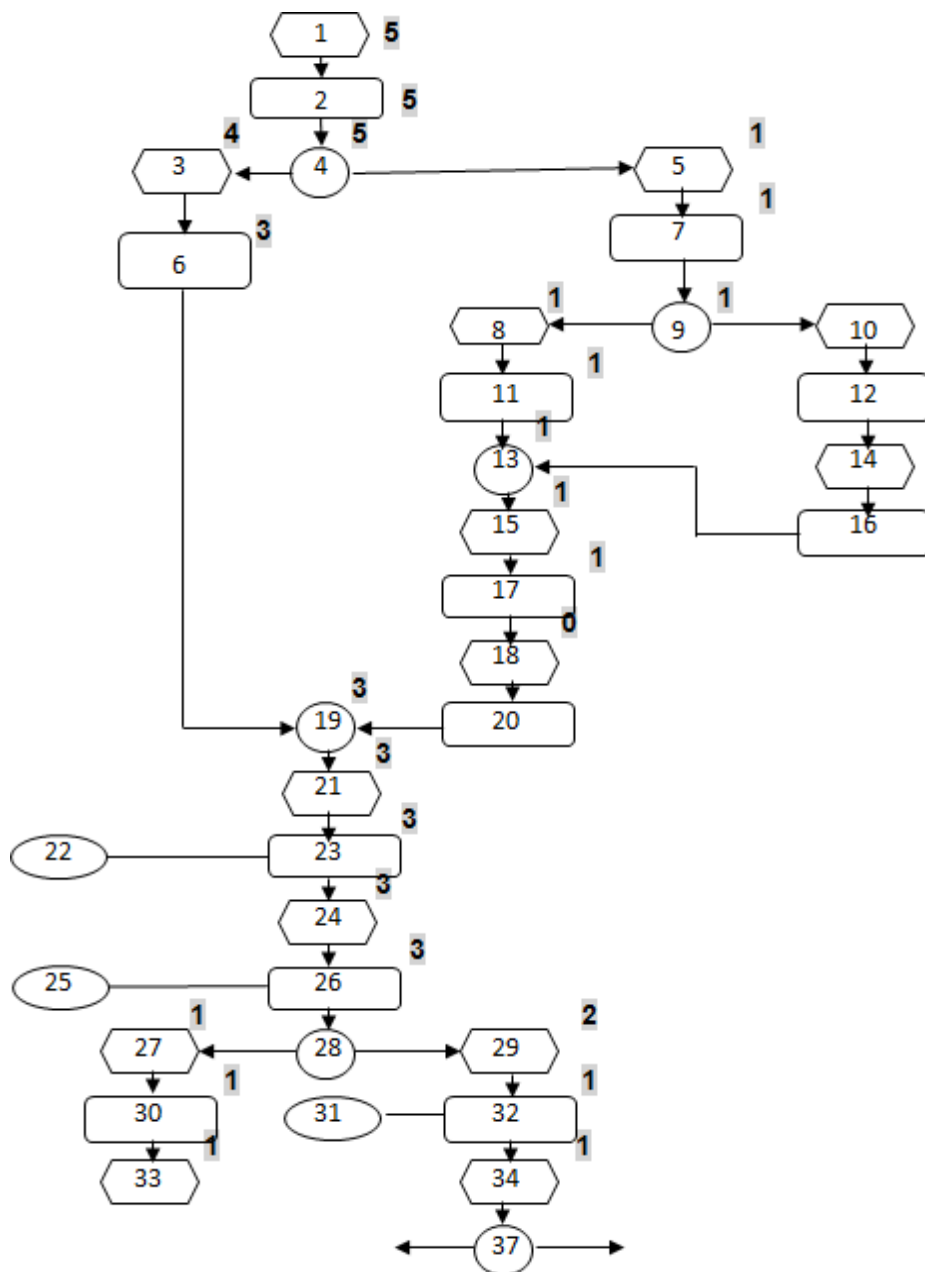


Рис. 20. Пошаговая имитация диаграммы процесса

На рис. 20 элементы соответствуют элементам на рис. 2.

Имитация выполнения процесса осуществляется по определенным правилам.

1. Процесс начинает выполняться в соответствии с правилами возникновения его стартового события «Приехала машина с товаром».

2. При имитации для каждого процесса создаются экземпляры. Экземпляр процесса создается в момент, когда процесс начинает выполняться, и перестает существовать после того, как завершились все операции, которые были запущены в рамках экземпляра.

3. Если для выполнения процесса необходим временной ресурс, который в момент старта процесса недоступен, процесс устанавливается в очередь к ресурсу. Процессы устанавливаются в определенное место очереди с учетом порядка их поступления и приоритетов.

4. Задачи из очереди последовательно передаются экземплярам ресурса на выполнение.

5. Экземпляр ресурса может прерывать выполнение задачи, если у него кончается рабочее время, или в очередь ресурса поступает более приоритетная задача, которая ему назначается.

6. Если для выполнения процесса необходим материальный ресурс, количество которого контролируется, то процесс не начнет выполняться до тех пор, пока материальный ресурс не будет в требуемом количестве. Контролируемыми являются те ресурсы, у которых создана переменная «Количество» с заполненным параметром «Нижняя граница», ниже которого значение количества не может опускаться. Например, в типовом случае значение нижней границы равно 0. Если значение нижней границы не задано, то количество ресурса будет всегда считаться достаточным для выполнения процесса.

7. Если у временного ресурса не задана смена работы, то время работы учитывается как смена по умолчанию. Если у временного ресурса смена работы задана, но при этом значение параметра «Количество экземпляров» равно 0, ресурс доступен в неограниченном количестве.

5.2. Наблюдение за ходом имитации

Наблюдать за ходом имитации можно в окне «Ход имитации». Окно хода имитации предназначено для наблюдения за ходом выполнения процессов, работой временных ресурсов и изменением значений переменных.

Закладка «Процессы» предназначена для наблюдения за выполнением экземпляров процесса имитации (рис. 21).

Ход имитации

▶

||

▶

■

⌵

+

✖ Закрыть

Дата начала имитации: 04.04.2014

Текущая дата имитации: 04.04.2014

Время начала имитации: 9:00:00

Текущее время имитации: 12:00:00

50%

Процессы

Временные ресурсы

Переменные

☒ Показывать конечные процессы

Процесс	Запущено	Завершено	Выполняется
[-] ТП2 Бизнес-процессы на складе	6	3	3
ТП2.1 Проверка наличия свободных мест разгрузки	6	6	0
ТП2.2 Проверка наличия мест на парковке	1	1	0
ТП2.3 Проезд на разгрузку	5	4	0
ТП2.4 Проезд на парковку	1	1	0
ТП2.5 Ожидание на дороге	0	0	0
ТП2.6 Проезд с дороги на парковку	0	0	0
ТП2.7 Ожидание на парковке	1	1	0
ТП2.8 Проезд с парковки на разгрузку	0	0	0
ТП2.9 Прием документов	4	4	0
ТП2.10 Проверка соответствия товара документации	4	3	0
ТП2.11 Разгрузка товара	2	2	0
ТП2.12 Выезд машины с территории склада	1	1	0
ТП2.13 Приходование товара	2	2	0
ТП2.14 Выезд машины с территории склада	2	2	0
ТП2.15 Размещение товара на хранение на складе	2	1	0
ВСЕГО	31	28	0

◀

▶

Рис. 21. Окно хода имитации (закладка «Процессы»)

На вкладке «Временные ресурсы» отображается перечень временных ресурсов, используемых при проведении имитации, и их текущее состояние. При выделении ресурса справа отображается детализация состояния ресурса на момент выделения (рис. 22).

Ход имитации	
<div> <div>▶ ▶ ■ ⏸ +</div> <div>✖ Закрыть</div> </div>	
Дата начала имитации: 04.04.2014	
Текущая дата имитации: 04.04.2014	
Время начала имитации: 9:00:00	
Текущее время имитации: 12:00:00	
50%	
<div> <div>Процессы</div> <div>Временные ресурсы</div> <div>Переменные</div> </div>	
Ресурс	Кол-во процессов в очереди
Бухгалтер	0
Грузчик	0
Кладовщик	0

Рис.22. Окно хода имитации (закладка «Временные ресурсы»)

На закладке «Переменные» представлена информация по значениям переменных на текущие дату и время имитации (рис. 23).

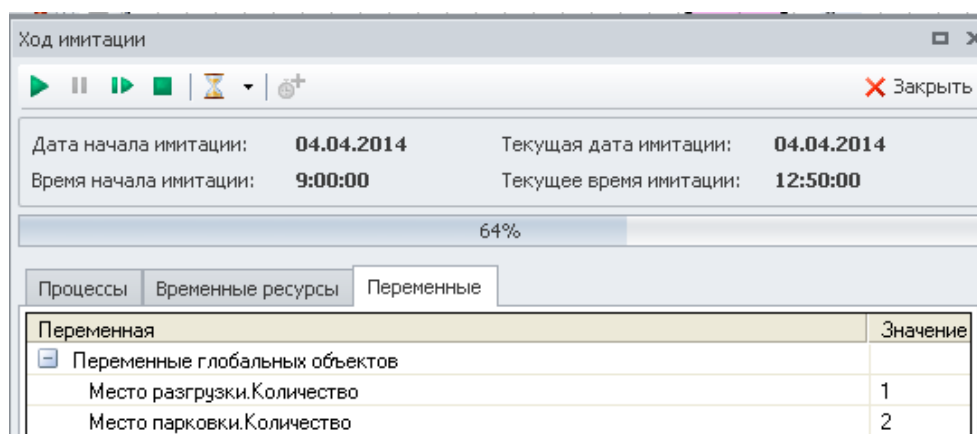


Рис. 23. Окно хода имитации (закладка «Переменные»)

6. Анализ результатов имитации

Закрытие окна хода имитации переносит полученные результаты в окно имитации. Анализируя данные окна имитации, можно:

- 1) оценить средние значения и разброс ключевых параметров процесса. Идентифицировать наиболее затратные и наиболее длительные процессы;
- 2) идентифицировать временные ресурсы — «бутылочные горлышки» перегруженные ресурсы, к которым постоянно выстраивается очередь операций, в результате чего они задерживают выполнение всех процессов. Получить рекомендации о необходимом количестве таких ресурсов;
- 3) найти временные ресурсы с низкой загрузкой;
- 4) проанализировать производство и потребление материальных ресурсов;
- 5) проанализировать статистику по изменению значений переменных.

Для анализа временных и стоимостных параметров процесса имитации предназначена вкладка «Статистика по процессам» в окне имитации (рис. 24).

По гиперссылке «Детализация» можно открыть детальную статистику по процессу и проанализировать причины неудовлетворительных значений параметров (рис. 25).

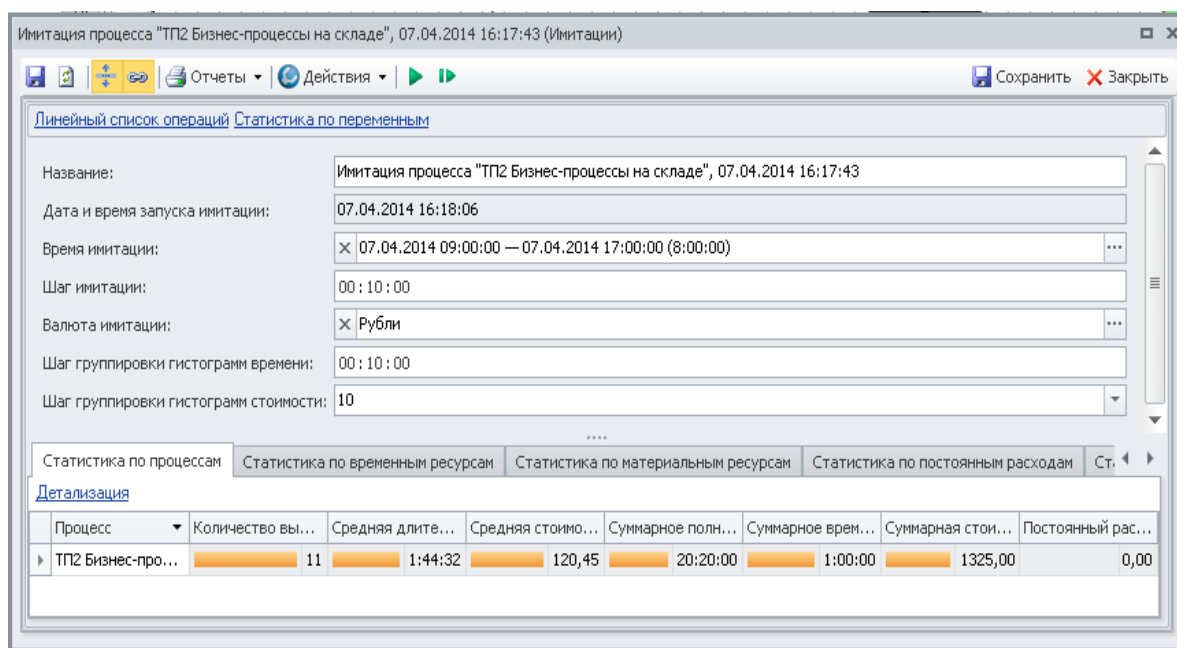


Рис. 24. Статистика по процессам

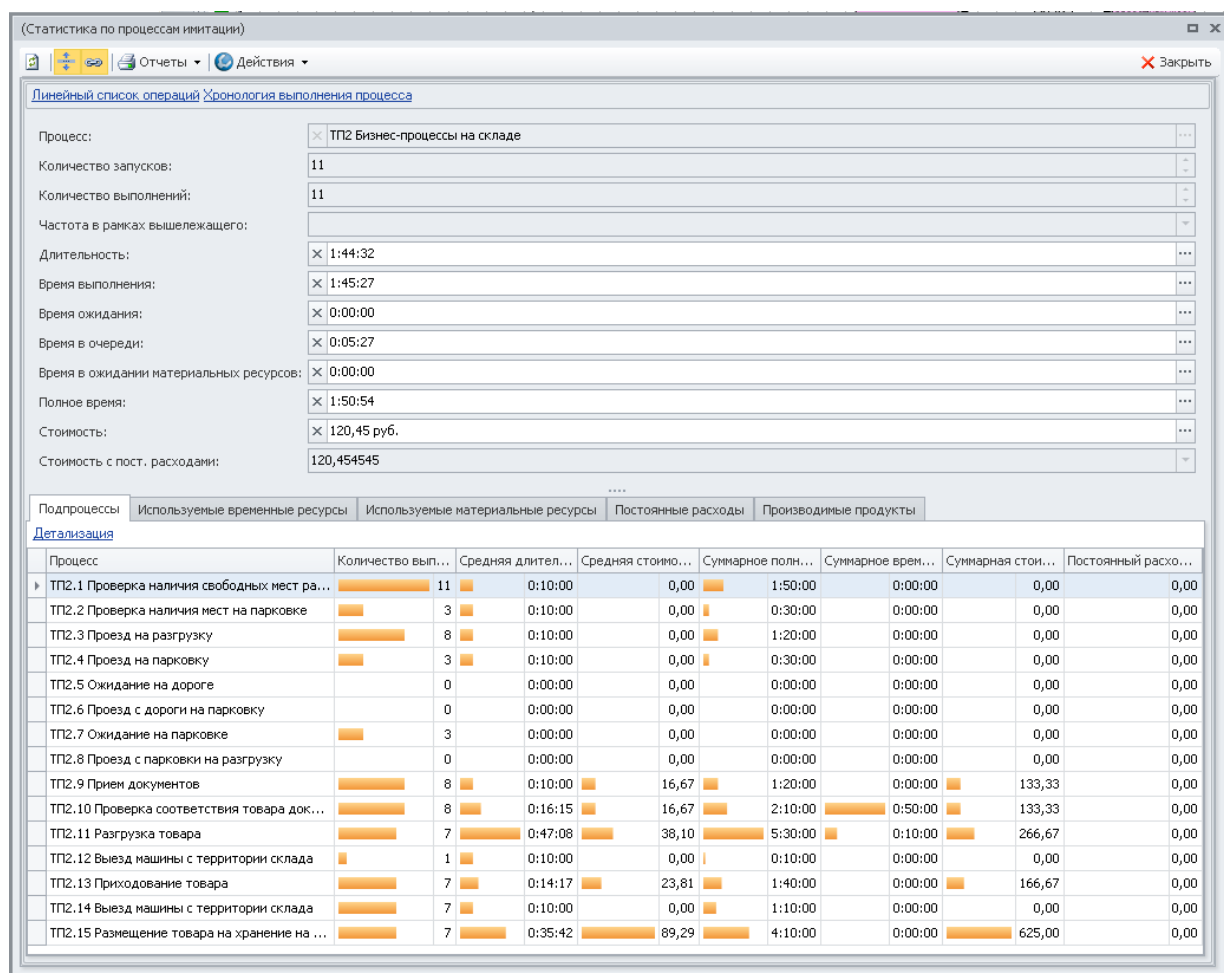


Рис. 25. Окно детализации статистики по процессам

Проведя имитацию работы склада с заданными параметрами в течение одного рабочего дня, получаем показатели процесса, представленные на рис. 26.

Линейный список операций (Список)

Действия ▾

Детализация

Процесс	Количество выпол...	Средняя длитель...	Средняя стоим...	Суммарное полное ...
ТП2.1 Проверка наличия свободных мес...	11	0:10:00	0,00	1:50:00
ТП2.2 Проверка наличия мест на парковке	3	0:10:00	0,00	0:30:00
ТП2.3 Проезд на разгрузку	8	0:10:00	0,00	1:20:00
ТП2.4 Проезд на парковку	3	0:10:00	0,00	0:30:00
ТП2.5 Ожидание на дороге	0	0:00:00	0,00	0:00:00
ТП2.6 Проезд с дороги на парковку	0	0:00:00	0,00	0:00:00
ТП2.7 Ожидание на парковке	3	0:30:00	0,00	0:00:00
ТП2.8 Проезд с парковки на разгрузку	0	0:00:00	0,00	0:00:00
ТП2.9 Прием документов	8	0:10:00	16,67	1:20:00
ТП2.10 Проверка соответствия товара ...	8	0:16:15	16,67	2:10:00
ТП2.11 Разгрузка товара	7	0:47:08	38,10	5:30:00
ТП2.12 Выезд машины с территории скл...	1	0:10:00	0,00	0:10:00
ТП2.13 Приходование товара	7	0:14:17	23,81	1:40:00
ТП2.14 Выезд машины с территории скл...	7	0:10:00	0,00	1:10:00
ТП2.15 Размещение товара на хранение ...	7	0:35:42	89,29	4:10:00

Рис. 26. Параметры шагов процесса, полученные в результате имитации

Анализируя результаты имитации, можно сделать следующий вывод: существующей пропускной способности склада недостаточно для обслуживания машин, приезжающих на склад:

- из 11 машин обслужено всего 7 (7 — это количество выполнений процесса «Разгрузка товара»);
- товар, привезенный только 7-ю машинами, был размещен на хранение на складе;
- из 11 машин 3 ожидали на парковке (среднее время ожидания 30 минут).

В результате, машины в течение длительного времени ожидают обслуживания, занимая парковочные места и затрудняя движение на складе, при этом одно из 4 парковочных мест практически не используется.

Выходом из сложившейся ситуации может быть решение переоборудовать одно парковочное место под место разгрузки.

Кроме того, анализируя использование временных ресурсов в существующих условиях, можно увидеть, что «бутылочным горлышком» (ресурсом, время ожидания которого при выполнении процесса наибольшее) является кладовщик (рис. 27). Поэтому для повышения пропускной способности склада увеличим количество кладовщиков до 3.

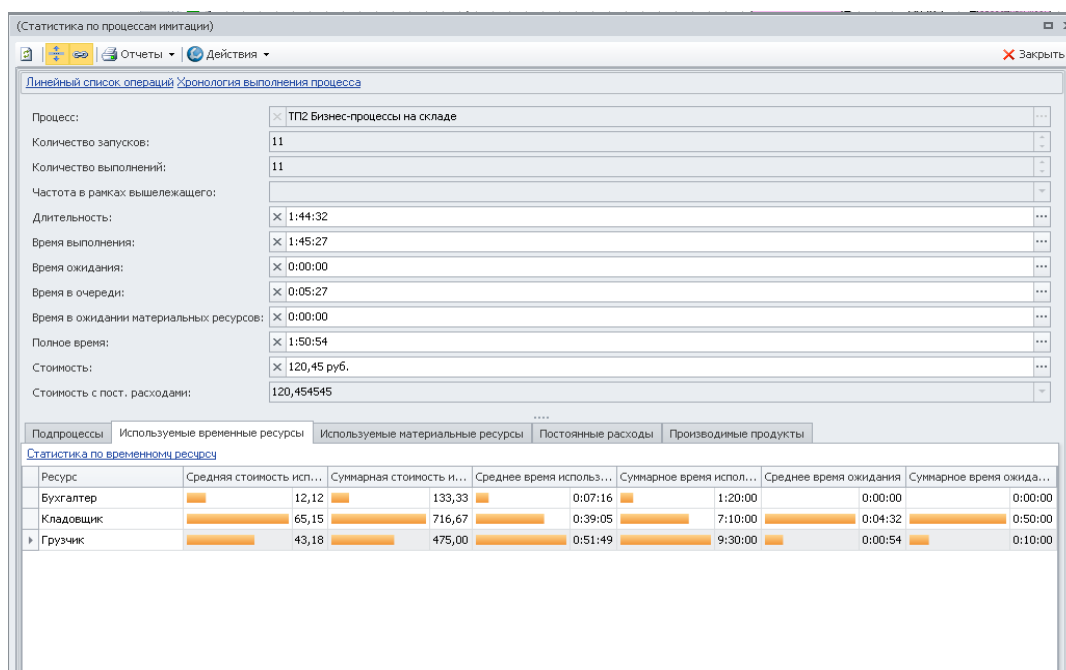


Рис.27. Параметры ожидания временных ресурсов

Нельзя не заметить, что размещен на хранение был только товар, привезенный 7-ю машинами. Очевидно, что оставлять недоделанную работу на следующий рабочий день нецелесообразно, учитывая интенсивность ежедневного потока поступления машин на склад. Поэтому изменим рабочее время сотрудников склада на график: с 9 : 30 до 19 : 00.

7. Оптимизация бизнес-процесса

Проведем имитацию выполнения процесса с параметрами, измененными в соответствии с принятым после анализа решением:

- увеличим количество мест разгрузки на 1;
- увеличим количество кладовщиков до 3;
- увеличим рабочее время сотрудников склада.

В результате повторной имитации получим результаты, представленные на рис. 28.

Показатели работы склада значительно улучшились:

- из 12 подъехавших машин было обслужено 11, товар 1 машины не соответствовал документации;
- весь товар, привезенный машинами был размещен на складе;
- снизилось время ожидания машины на парковке (до 15 минут).

Таким образом, в результате имитации работы склада с параметрами, измененными в соответствии с принятым решением оптимизации бизнес-процесса работы склада, пропускной способности склада стало достаточно, чтобы обслуживать такое количество приезжающих машин.



Рис 28 Параметры работы склада с измененными параметрами

Заключение

Целью проекта являлась оценка пропускной способности склада при заданных условиях.

Для этого:

- была построена диаграмма процесса работы склада «Разгрузка и обслуживание машин на складе» в нотации ЕРС;
- были заданы параметры выполнения модели для имитации;
- была выполнена имитация этого процесса;
- проведен анализ результатов имитации и найдено решение по улучшению эффективности работы склада.

Таким образом, имитация работы склада в различных условиях позволила предусмотреть возникновение возможных проблем и проверить работоспособность склада.

При проведении первой имитации выяснилось, что пропускной способности склада не хватает для обслуживания такого количества приезжающих машин. Было принято решение переоборудовать место парковки под место разгрузки, добавить еще одного кладовщика на склад и увеличить рабочее время сотрудников склада. В результате, после проведения второй имитации с новыми параметрами, склад стал работать эффективнее, пропускная способность склада повысилась, все приезжающие машины были разгружены и весь товар был размещен на хранение на складе.

Библиографический список

1. Методика: функционально-стоимостной анализ и имитационное моделирование. Режим доступа: http://www.icc-iso.ru/upload/information_system_28/6/7/2/item_672/Methodika_Funkcionalno_stoimostnoy_analiz_imitacionnoe_modelirovanie.pdf
2. Эддоус М. Методы принятия решений / М. Эддоус, Р. Стенфилд. — пер. с англ. под ред. И.И. Елисеевой. — М.: Аудит: ЮНИТИ, 1997. — 590 с.
3. Грибанова Е.Б. Алгоритмические имитационные модели управления материальными запасами на складе / Е.Б. Грибанова, А.А. Мицель // Известия Томского политехнического университета. — Вып. 8. — Томск, 2006. — С. 201—207.
4. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами / Ю.И. Рыжиков. — СПб.: Питер, 2001. — 384 с.
5. Быков А. Оптимизация запасов на основе имитационного моделирования / А. Быков, Е. Велесько // Логистика. — 2004. — № 1. — С. 19—21.
6. Бойченко И.В. Автоматизированная система имитационного моделирования управления запасами / И.В. Бойченко, Е.Б. Грибанова, А.А. Мицель // Известия Томского политехнического университета. — Вып. 4. — Томск, 2006. — С. 118—125.
7. Руководство пользователя BusinessStudio. — Режим доступа: <http://www.businessstudio.ru/wiki/docs/v4/doku.php/ru/manual/manual>

Приложения

Приложение 1

Отчет по функционально-стоимостному анализу процесса

Процесс

Название	ТП2 Бизнес-процессы на складе
Средняя длительность	2:37:30
Средняя стоимость	163,1944 руб.

Используемые ресурсы

Временные ресурсы

№	Название	Смена	Ставка, руб/час	Среднее время использования ресурса		Средняя стоимость использования ресурса, руб.	
1.	Бухгалтер	Смена 1	100		0:10:00		16,67
2.	Грузчик	Смена 1	50		1:12:30		60,42
3.	Кладовщик	Смена 1	100		0:51:40		86,11

Сумма

163,1944

Средние значения времени и стоимости подпроцессов

№	Процесс	Время выполнения	Время в очереди	Полное время	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5	6
1.	ТП2.1 Проверка наличия свободных мест разгрузки	0:10:00	0:00:00	0:10:00	0
2.	ТП2.2 Проверка наличия мест на парковке	0:10:00	0:00:00	0:10:00	0
3.	ТП2.3 Проезд на разгрузку	0:10:00	0:00:00	0:10:00	0
4.	ТП2.4 Проезд на парковку	0:10:00	0:00:00	0:10:00	0
5.	ТП2.5 Ожидание на дороге	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0
6.	ТП2.6 Проезд с дороги на парковку	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0
7.	ТП2.7 Ожидание на парковке	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0

№	Процесс	Время выполнения	Время в очереди	Полное время	Стоимость, руб.
8.	ТП2.8 Проезд с парковки на разгрузку	0:10:00	0:00:00	0:10:00	0
9.	ТП2.9 Прием документов	0:10:00	0:00:00	0:10:00	16,6667
10.	ТП2.10 Проверка соответствия товара документации	0:10:00	0:00:00	0:10:00	16,6667
11.	ТП2.11 Разгрузка товара	0:46:21	0:10:00	0:56:21	38,6364
12.	ТП2.12 Выезд машины с территории склада	0:10:00	0:00:00	0:10:00	0
13.	ТП2.13 Приходование товара	0:12:43	0:00:00	0:12:43	21,2121
14.	ТП2.14 Выезд машины с территории склада	0:10:00	0:00:00	0:10:00	0
15.	ТП2.15 Размещение товара на хранение на складе	0:32:43	0:20:00	0:52:43	81,8182

Экземпляры процесса

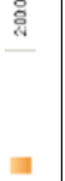





Количество запущенных экземпляров	12
Количество завершенных экземпляров	12
Количество незавершенных экземпляров	0
Среднее количество запусков в день	28,8
Среднее количество завершенных экземпляров в день	28,8

Приложение 2

Отчет по загрузке временных ресурсов, использованных в ходе имитации

Время начала	07.04.2014 09:00:00
Время окончания	07.04.2014 19:00:00
Длительность имитации	10:00:00

Использованные временные ресурсы

№	Ресурс	Время доступности	Время использования	% загрузки	Стоимость использования, руб.	Параметры очереди					
						Средн. кол-во операций	Макс. кол-во операций	Средняя длина	Максимальная длина	Среднее время ожидания операции	Длина очереди на конец инвентизации
1.	Бухгалтер	9:30:00		21,0526		0	0	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00
2.	Грузчик	19:00:00		76,3158		1	2	0:18:32	1:25:53	0:15:00	0:00:00
3.	Кладовщик	1 д. 04:30:00		36,2573		0	0	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00

Учебное ЭЛЕКТРОННОЕ издание

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ
УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА СКЛАДЕ
СРЕДСТВАМИ BUSINESS STUDIO

Учебно-методическое пособие