

*На правах рукописи*

НИКОЛАЕВ ПЕТР АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ СНАБЖЕНИЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ  
С УЧЕТОМ ЗАДАННОГО УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ**

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (Менеджмент)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Москва – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Захаров Михаил Николаевич

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор  
Коршунова Елена Дмитриевна  
декан факультета экономики и менеджмента  
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

доктор экономических наук, доцент  
Курбанов Артур Хусаинович  
профессор кафедры материального обеспечения  
Военной академии материально-технического обеспечения  
им. Генерала армии А.В. Хрулева

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(Национальный исследовательский университет)»

Защита диссертации состоится \_\_\_\_\_. В \_\_\_\_ на заседании диссертационного совета Д 212.141.21 при МГТУ им. Н.Э. Баумана по адресу: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.7, ауд. \_\_\_\_\_.  
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э.

Баумана и на сайте [www.bmstu.ru](http://www.bmstu.ru)

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим высыпать по указанному выше адресу.

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.141.21  
д.и.н., профессор

Кузмичев А.Д.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Системы материально-технического обеспечения крупных промышленных предприятий России в большинстве случаев имеют достаточно разветвленные структуры, в них могут входить предприятия удаленных регионов РФ, предприятия постсоветского пространства и предприятия дальнего зарубежья, связанные в сложную логистическую цепочку. Управление такой системой является весьма затратным мероприятием, так как должно обеспечивать надежность её работы при всех возможных рисках. Одним из путей снижения издержек снабжения является развитие подходов к проектированию систем управления логистикой предприятий, основанных на статистическом моделировании функционирования систем с учетом собранных ретроспективных данных и экспертных мнений. Это даст возможность реализовать новые схемы в материально-техническом обеспечении крупных промышленных предприятий, в том числе позволит снизить издержки, связанные с запасами.

При этом мероприятия, направленные на оптимизацию службы снабжения, должны учитывать компромисс между минимизацией издержек и минимизацией риска простоя производства, вызванного отсутствием материалов. Такая постановка проблемы подводит к формулированию оптимизационной задачи, которая для предприятий стратегического значения, таких как энергетика или оборонная промышленность, заключается в минимизации издержек при обеспечении заданного уровня надежности. Это связано с тем, что на предприятиях стратегического значения необходимо обеспечить заданный уровень надежности вне зависимости от издержек, т.к. отсутствие материалов на них может привести к значительным неблагоприятным последствиям, выражющимся в подрыве важных народно-хозяйственных связей, подрыве обороноспособности страны или техногенным катастрофам.

В этой связи, научные исследования в области проектирования систем управления материально-техническим снабжением предприятий на заданный уровень надежности являются актуальными и востребованными.

**Цель работы.** Разработка подхода к проектированию системы управления материально-техническим снабжением (МТС) предприятия, обеспечивающей заданный уровень надежности при минимальных затратах, путём статистического моделирования процесса снабжения.

### Основные задачи исследования:

- анализ проблем надежности систем управления МТС предприятия;
- разработка подхода к оценке надежности системы управления МТС предприятия сторонними поставщиками;

- разработка подхода к оценке надежности системы управления внутрипроизводственным процессом МТС на предприятии;
- практическая реализация разработанных подходов при проектировании систем управления МТС предприятий заданного уровня надежности.

**Научная новизна:**

- разработаны подходы к оценке надежности внутрипроизводственных систем управления снабжением промышленных предприятий и систем управления снабжением внешними поставщиками, основанные на статистическом анализе временных задержек на этапах поставки и последующем многократном ситуационном моделировании, и позволяющие выявить узкие места и оценить необходимость резервирования элементов системы управления МТС предприятия;
- на основе метода Монте-Карло обоснован подход к оптимизации параметров проектируемой системы управления МТС предприятия с учётом требуемого уровня надежности для различных целевых функций, что позволяет снизить уровень издержек;
- предложена двухпараметрическая форма представления результатов оценки надежности систем МТС производства в виде области допустимых параметров процесса управления поставками при заданном уровне надежности, позволяющая оперативно принимать решения об их изменении.

**Объект исследования:** системы МТС крупных промышленных предприятий стратегического значения.

**Предмет исследования:** проектирование систем управления МТС предприятий заданной надежности.

**На защиту выносится:**

- способ оценки надежности систем МТС промышленных предприятий внешними поставщиками;
- способ оценки надежности внутрипроизводственной системы снабжения промышленного предприятия;
- подход к оптимизации параметров стратегии управления запасами с учётом требуемого уровня надежности.

**Достоверность результатов** исследования вытекает из обоснованности использованных теоретических положений и математических методов, подтверждена численными экспериментами по оценке сходимости разработанных алгоритмов, а так же сравнительным анализом полученных результатов с экспертными оценками надежности процессов снабжения действующих предприятий.

**Практическая значимость.** Разработанные методы позволяют оценить вероятность срыва поставок на основе стохастических моделей, использующих статистику работы службы снабжения предприятия. Учет новых данных позволяет сформулировать мероприятия, направленные на повышение надежности системы управления снабжением, и оценить их эффективность.

**Апробация работы.** Основные теоретические и методические положения диссертационной работы докладывались на научно-технических совещаниях ООО «НПП «ИТЕЛМА», Москва, 2013; на заседаниях кафедры промышленная логистика ФГБОУ ВПО МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2012-2014; на научном семинаре лаборатории экономико-статистических методов в контроллинге научно-учебного комплекса «Инженерный бизнес и менеджмент» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2014.

**Публикации.** Основное содержание работы отражено в 6 научных работах, из них в журналах, рекомендованных ВАК РФ – 4, общим объёмом 3.04 п.л.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка литературы из 111 наименований. Работа изложена на 134 страницах, содержит 58 рисунков и 25 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** отмечена актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, приведены научная новизна и практическая значимость.

**В первой главе** проведен анализ проблем надежности систем управления МТС предприятий стратегического значения.

На Рисунке 1 изображена принципиальная схема системы управления МТС предприятия.



Рисунок 1. Принципиальная схема системы управления МТС предприятия

Отличительной чертой современного подхода к управлению МТС крупных промышленных предприятий является комплексная координация всех производственных процессов. Отдельный подход к вопросам планирования закупок, снабжению, производству, распределению и сбыту является причиной несогласованности действий и высоких затрат. Создание системы управления МТС предприятия, которая позволяет организовать надежный процесс закупок сырья, материалов и комплектующих изделий, является сложным техническим и организационным мероприятием. Надежность системы управления МТС предприятия определяется, как вероятность поставки требуемого количества материалов оговоренного качества к определенному моменту времени на производство. Учитывая, что издержки, относящиеся к закупкам материалов, по различным отраслям составляют до 40% в структуре себестоимости производства готовой продукции, нельзя игнорировать возможности их снижения. Преследуя цели снижения издержек, необходимо учитывать обеспечение заданного уровня надежности поставок.

Для промышленных предприятий стратегического значения, для которых уровень издержек, связанных с простоем производства, значительно превосходит издержки обеспечения надежности, необходимо решать оптимизационную задачу следующего вида:

$$C(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min; \quad P(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq P^* \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – параметры системы снабжения;  $C(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – издержки процесса снабжения;  $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – уровень надежности процесса снабжения;  $P^*$  – минимально допускаемое значение надежности. Поскольку событие отсутствия в нужный момент времени требуемых материалов на производстве является негативным и при этом оно имеет вероятностную природу, то ставится задача учета рисков в системе снабжения. Риски выражаются в реализации событий, которые увеличивают время выполнения заказа или снижают время реагирования системы снабжения на потребности производства в материалах.

Расчет надежности может проводиться для оценки существующей и для выбора оптимальной структуры разрабатываемой системы материально-технического снабжения. Оценка надежности существующей системы позволяет определить причины, приводящие к простою производства и выявить процессы с низкой устойчивостью к воздействиям внешних факторов. Поскольку понятие надежности имеет стохастическую природу, то для её расчета эффективны статистические методы. Эти методы позволяют учесть влияние случайных факторов, возникающих в процессе

функционирования системы снабжения, поскольку они основаны на применении статистической методологии, имеющей отношение к повторяющимся явлениям. Данная методология оперирует количественными оценками повторяющихся явлений и позволяет учитывать их неоднородность, различную природу или случайные возмущения за счёт выдвижения на основе результатов наблюдений или экспертных оценках предположений о характере распределения некоторых случайных величин, определяющих поведение системы.

*Во второй главе* разработан порядок оценки надежности системы управления процессом снабжения производства сторонними предприятиями.

Имея информацию о функционировании системы снабжения при взаимодействии со сторонними предприятиями-поставщиками, можно построить её вероятностную модель. Для оценки надежности системы снабжения на основании такой модели удобно использовать метод многократных статистических испытаний – метод Монте-Карло. Методом Монте-Карло называют группу методик, в рамках которых строится искусственный случайный процесс, обладающий с определенной степенью точности такими же характеристиками, как и реальный, но реализуемый через числовые методы, которые задействуют те или иные генераторы случайных чисел.

Анализ надежности с использованием метода Монте-Карло позволяет объединять данные из различных источников, делая модель более объективной, легко модифицировать модель при поступлении новых данных, а так же получать оценки надежности даже при наличии малого количества информации о работе системы.

Построение модели системы снабжения сводится к определению оценок плотностей распределения случайных величин, описывающих рассматриваемые процессы. Для процессов, надежность которых определяется, как вероятность времени их завершения к указанному сроку, можно использовать базу данных отдела снабжения, в которой содержится информация о времени их выполнения.

Предложены методы сбора данных при построении вероятностных моделей процессов снабжения производства внешними поставщиками, а также методы

Длительность этапа транспортировки (дни)	Количество этапов с заданной длительностью	Частота
3	1	0,0833
4	3	0,2500
5	4	0,3333
6	3	0,2500
7	1	0,0833

Таблица 1

моделирования для оценки надежности этих процессов. Под вероятностными моделями понимается построение плотностей распределения случайных величин, описывающих рассматриваемые процессы. В частности, оценка надежности процесса снабжения сторонними предприятиями должна опираться на время завершения цикла снабжения. Входной информацией для построения оценки плотности распределения случайных величин является база данных отдела снабжения о времени выполнении различных этапов цикла снабжения.

На основании полученных данных формируется частота реализации (см. Таблицу 1, пример для этапа транспортировки) и оценка плотности распределения вероятности времени выполнения этапа. Эти данные задействуются в качестве входных данных при моделировании методом Монте-Карло.

Для учета достоверности или актуальности информации о функционировании системы, или данных по работе циклов снабжения на других предприятиях рассматриваемой отрасли можно использовать метод весовых коэффициентов. В этом случае для получения оценки плотности распределения вероятности времени выполнения рассматриваемого этапа подсчитывается не количество записей, а сумма их весовых коэффициентов.

Полученные модели этапов не описывают исключительно идеальные условия, а уже учитывают информацию о различных явлениях, оказывающих влияние на время выполнения заказа, например о форс-мажорных обстоятельствах или взаимозависимостях в многономенклатурных поставках.

Результатом проделанных действий будет формирование параметров случайной дискретной величины:

$$\xi_i = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_j & \dots & x_n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_j & \dots & p_n \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где  $x$  – значения дискретной случайной величины, а  $p$  – оценка вероятности реализации соответствующего значения. Методика генерации значения времени выполнения этапов цикла снабжения заключается в следующем. Для каждого этапа случайным образом на промежутке от 0 до 1 с помощью равномерного генератора случайных чисел выбирается значение гамма:

$$\gamma = \text{Random}(1) \quad (3)$$

На основании этого гамма, начиная с первого значения случайной величины, проводится сложение вероятностей идущих друг за другом реализаций значений случайной величины. То значение, для которого сумма

значений вероятностей будет больше числа гамма, и принимается за реализацию случайной величины. Данная методика описывается Формулами 4 и 5:

$$\xi = \begin{cases} x_j, & \text{если } P_{j-1} \leq \gamma < P_j \\ x_1, & \text{если } \gamma < P_1 \end{cases}, \quad (4)$$

где  $P_j$  описывается формулой:

$$P_j = \sum_{n=1}^j p_n \quad (5)$$

На Рисунке 2 изображен алгоритм вычисления оценки плотности распределения вероятности времени выполнения логистического цикла. На шаге 0 алгоритма происходит инициализация начальных значений используемых переменных. Исходными данными является требуемое количество циклов моделирования и заданные оценки плотностей распределения вероятности времени выполнения всех этапов.

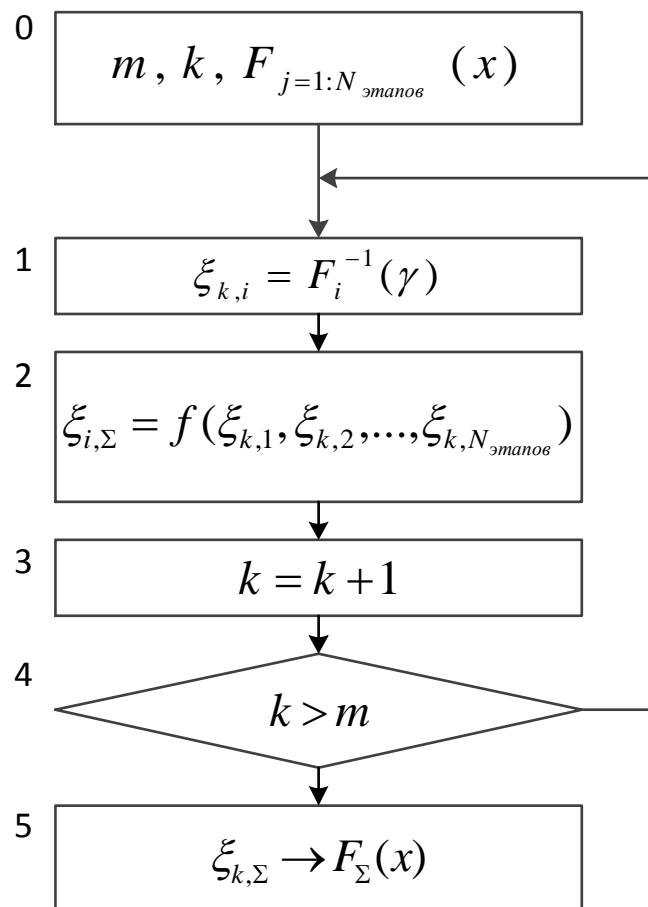


Рисунок 2. Алгоритм расчета оценки плотности распределения вероятности времени выполнения цикла снабжения

На шаге 1 вычисляются реализации времени выполнения каждого этапа, на шаге 2 рассчитывается время выполнения заказа на основании имеющейся модели взаимодействия процессов, время исполнения которых рассчитано на шаге 1. Полученное значение запоминается для каждой итерации цикла моделирования. Шаги 3 и 4 отвечают за контроль количества итераций моделирования. На шаге 5 происходит группировка полученных на шаге 2 значений времени выполнения логистического цикла. На основании полученных данных вычисляются частоты, и строится оценка плотности распределения вероятности времени выполнения цикла снабжения. Надежность логистического цикла определяется, как вероятность реализации значений допустимого времени выполнения рассматриваемого процесса.

*В третьей главе* разработан порядок оценки надежности системы управления внутрипроизводственными процессами материально-технического снабжения.

Надежность внутрипроизводственных процессов МТС определяется, как вероятность поставки материалов на производство из запасов на основании полученного запроса на материалы. Повышение вероятности этого события обеспечивается оптимизацией процесса управления запасами. В данной работе предложен алгоритм моделирования спроса на материалы, имеющего случайный характер, и его при оценке надежности процесса управления запасами. Рассматриваемый алгоритм основывается на модели потока заявок.

Случайный характер потока заявок означает, что этот поток характеризуется некой случайной величиной в виду сложности точного определения будущей потребности производства в материалах. Такой характер потока заявок порождает неопределенность в логистических и производственных цепях, которая в той или иной мере наблюдается в большинстве из них. Модель потока заявок исходит из того, что предприятие, при возникновении потребности в материалах, отправляет заявку в отдел снабжения, которая мгновенно исполняется при условии наличия указанного в заявке размера запрашиваемой партии материалов. Пример потока заявок изображен на Рисунке 3.

В Таблице 2 изображен пример фрагмента таблицы базы данных отдела снабжения, на основании которого можно сформировать оценку совместной плотности распределения рассматриваемой системы случайных величин, описывающей поток заявок. Пример такой оценки совместной плотности распределения отражен в Таблице 3.

На Рисунке 4 изображено графическое представление рассматриваемой оценки совместной плотности распределения. Моделирование системы, характеризующейся такой оценкой плотности распределения, заключается в

реализации значений одномерной случайной величины, которые являются сочетаниями значений случайных величин, описывающих поток заявок.

Таблица 2

Дата заявки	Размер заявки, ед.	$\Delta T$ , дни
03.04.2012	45	---
08.04.2012	35	5
17.04.2012	65	9
25.04.2012	50	8
05.05.2012	60	10
11.05.2012	60	6
12.05.2012	40	1
20.05.2012	65	8
29.05.2012	75	9
05.06.2012	45	7

Таблица 3

$\Delta T$	Размер заявки									
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
1	0,0107	0,0213	0,0277	0,0149	0,0064	0,0021	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0064	0,0149	0,0256	0,0277	0,0149	0,0064	0,0021	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0021	0,0128	0,0256	0,0320	0,0213	0,0107	0,0043	0,0021	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0107	0,0213	0,0341	0,0277	0,0128	0,0085	0,0043	0,0021	0,0021
5	0,0000	0,0064	0,0171	0,0341	0,0299	0,0213	0,0149	0,0064	0,0021	0,0021
6	0,0000	0,0021	0,0107	0,0256	0,0277	0,0256	0,0171	0,0085	0,0021	0,0021
7	0,0000	0,0021	0,0043	0,0128	0,0192	0,0235	0,0213	0,0128	0,0043	0,0021
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0107	0,0149	0,0213	0,0192	0,0149	0,0043	0,0043
9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0043	0,0107	0,0171	0,0149	0,0171	0,0064	0,0064
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0021	0,0107	0,0128	0,0192	0,0085	0,0064

Модель имитирует поток заявок в виде реализации системы случайных величин, которые оказывают влияние на размер запрашиваемой партии материалов и на время между заявками. В качестве примера рассматривается модель потока заявок с двумя зависимыми случайными величинами: размером требуемых материалов и временем, прошедшим с предыдущей заявки.

На Рисунке 5 изображен алгоритм моделирования управления запасами. Алгоритм состоит из подготовки к моделированию; непосредственно моделирования и обработки результатов. Шаг моделирования равен одному дню. На каждом шаге проводится моделирование потока заявок, моделирование процесса пополнения запасов и расчет издержек. На Рисунке

6 изображен алгоритм моделирования потока заявок. На Рисунке 7 изображен алгоритм моделирования процесса пополнения запасов. На Рисунке 8 изображен алгоритм учета издержек процесса управления запасами.

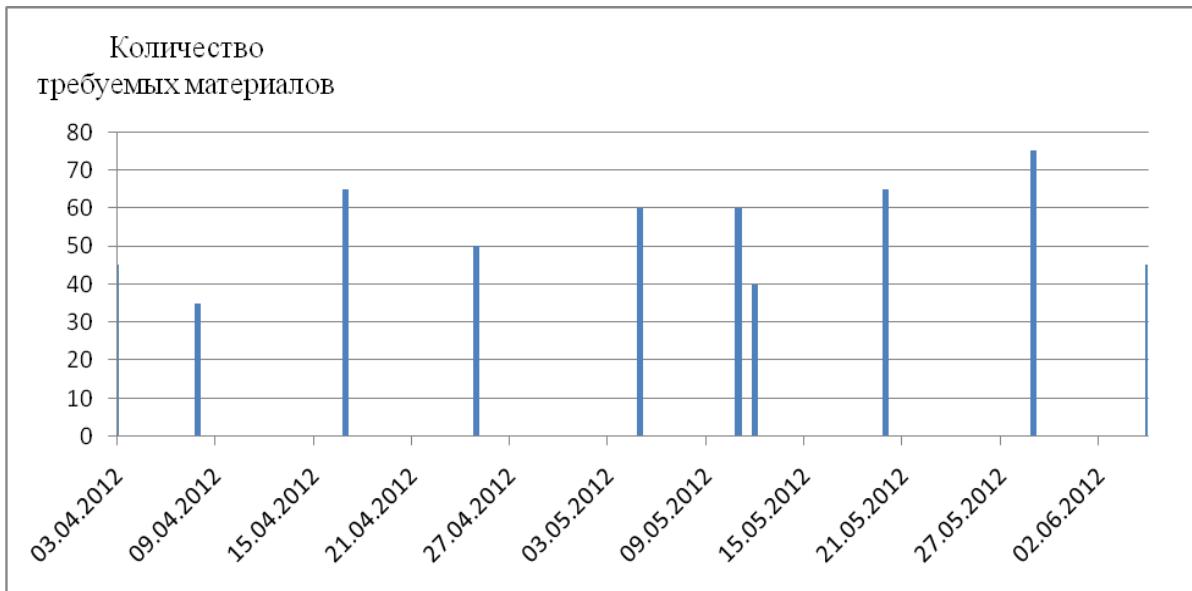


Рисунок 3. Поступление заявок от производства в отдел снабжения



Рисунок 4. Графическое представление оценки совместной плотности распределения случайных величин

При моделировании потока заявок на шаге 1 определяется, поступила ли заявка от производства. Если заявка поступила, то на шаге 2 запасы

материалов уменьшаются на требуемый заявкой объём. На шаге 3 генерируются параметры новой заявки. Если к отделу снабжения обращается несколько производственных подразделений, то моделирование потока заявок производится для каждого из них отдельно.

При моделировании пополнения запасов на шаге 1 определяется, принято ли решение на пополнение запасов в соответствии с выбранной стратегией управления. На шаге 2 проверяется, заказаны ли материалы. На шаге 3 производится генерации времени выполнения заказа. Шаги 4, 5 и 7 отвечают за ожидание истечения этого времени. На шаге 6 производится увеличение запасов материалов на складе. Расчет издержек производится для оценки эффективности стратегии управления запасами.

При расчете издержек учитываются издержки хранения (шаг 1) и издержки поставки (шаг 3). Издержки простоя производства не учитываются, т.к. они определяются уровнем надежности процесса снабжения, который задан исходя из постановки оптимизационной задачи.

Уровень надежности процесса управления запасами определяется, как сумма удельного количества дней, на которые приходилось неотрицательное значение размера запасов материалов.

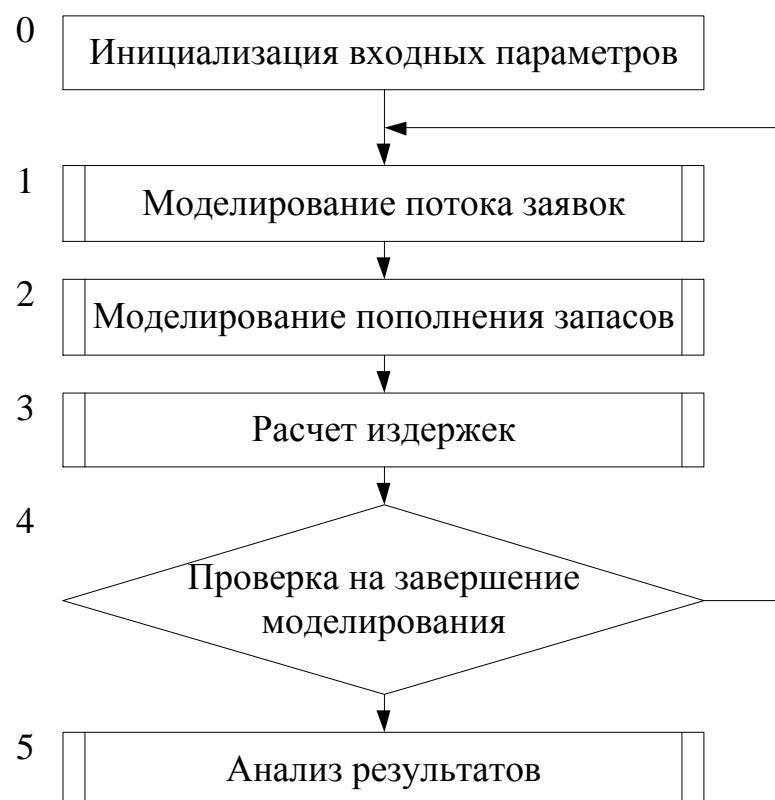
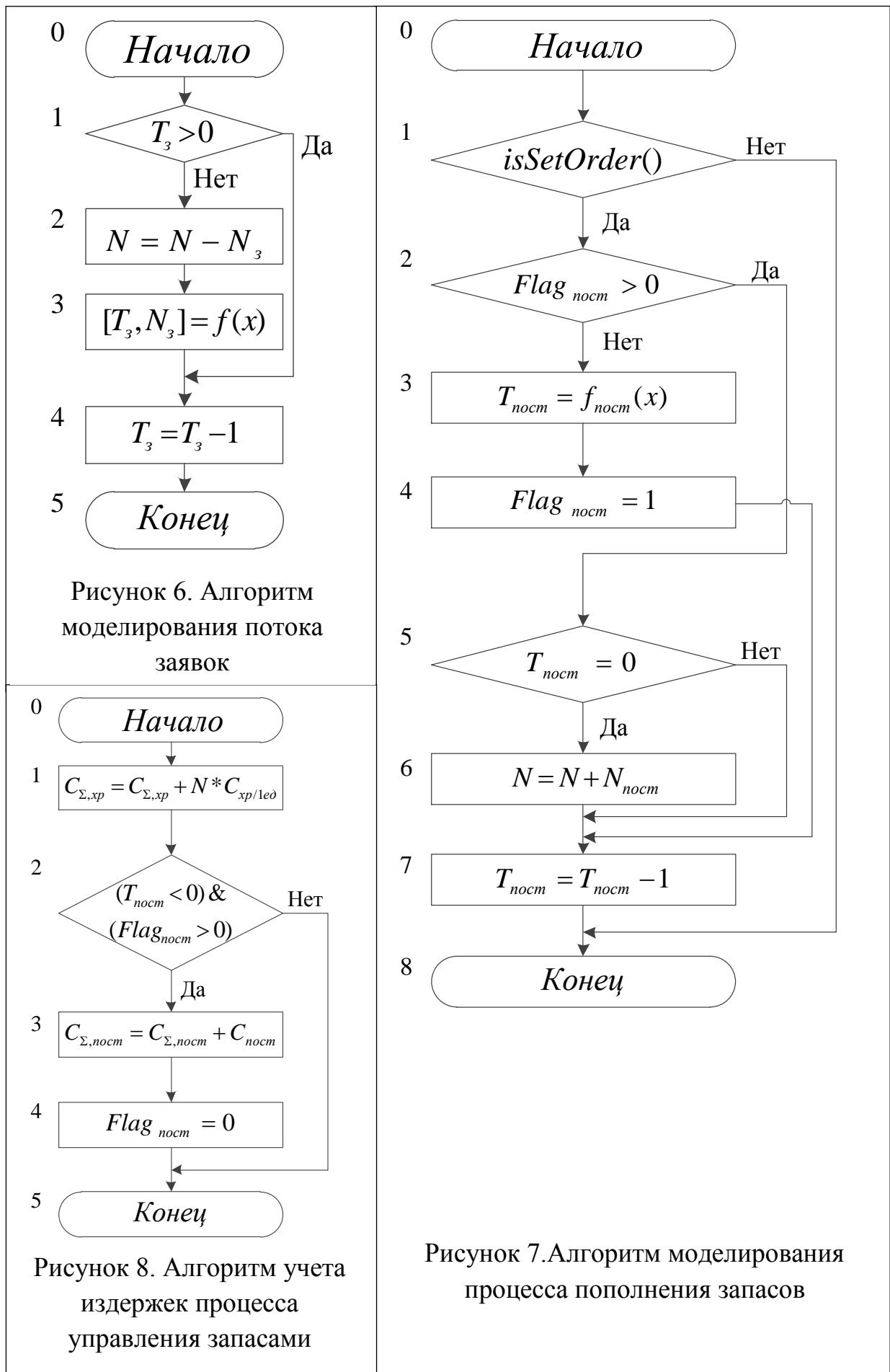


Рисунок 5. Алгоритм моделирования процесса управления запасами



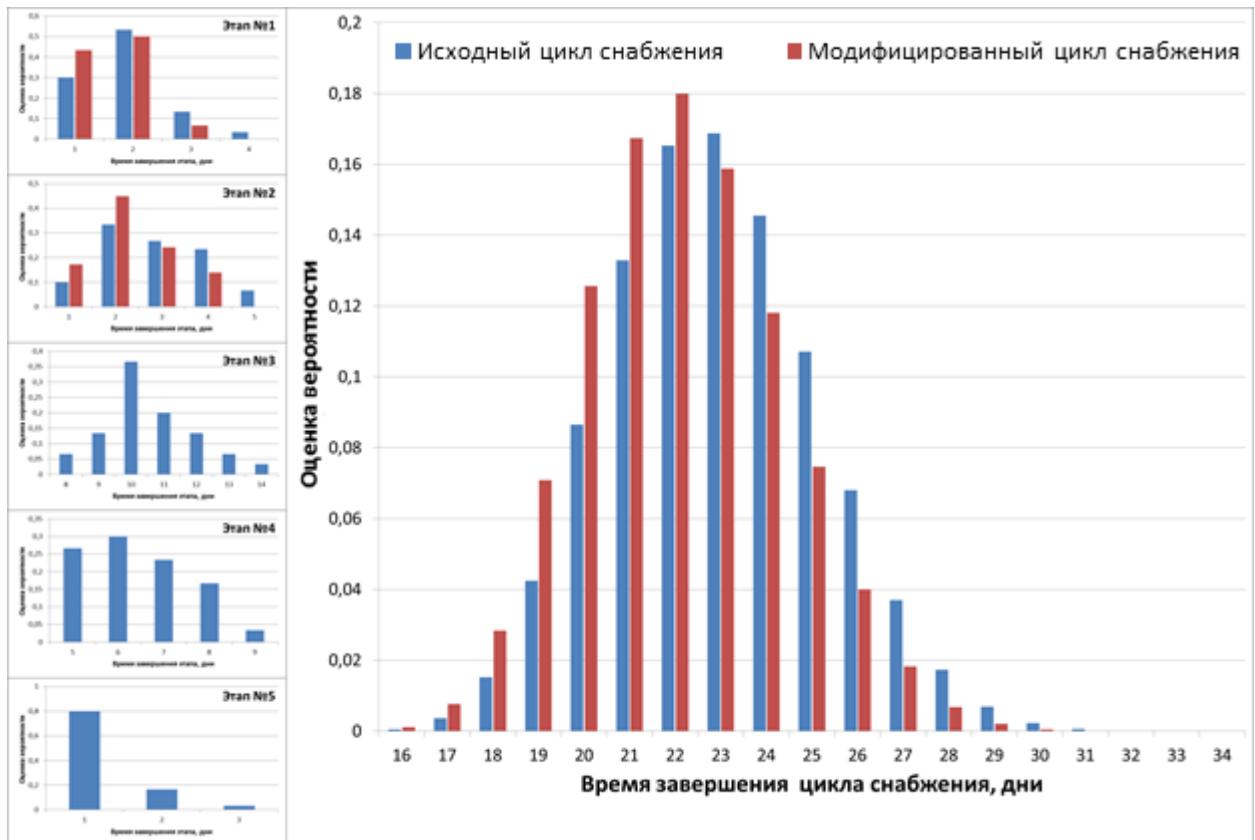


Рисунок 9. Результаты моделирования цикла снабжения

**В четвертой главе** проводилось практическая реализация разработанных подходов при проектировании систем управления МТС предприятий заданного уровня надежности.

Алгоритм оценки надежности процессов взаимодействия производства со сторонними предприятиями реализован на примере анализа результатов реорганизации цикла снабжения, состоящего из 5 последовательных этапов. Результаты моделирования отражены на Рисунках 9 и 10.

Практическая реализация алгоритма оценки надежности внутрипроизводственных процессов материально-технического снабжения проводилась на основе приведенных в задаче 3 в качестве примера числовых данных. В качестве модели принятия решения на пополнение запасов была выбрана стратегия управления запасами с точкой заказа по оставшемуся количеству запасов материалов и фиксированным объемом поставляемых материалов.

На Рисунке 11 представлены результаты моделирования, полученные с помощью разработанного в рамках третьей задачи алгоритма. На графике отражено изменение количества материалов на складе с течением времени. Справа от графика построена диаграмма распределения удельного количества дней, на которые приходилось соответствующий размер имеющихся запасов материалов.

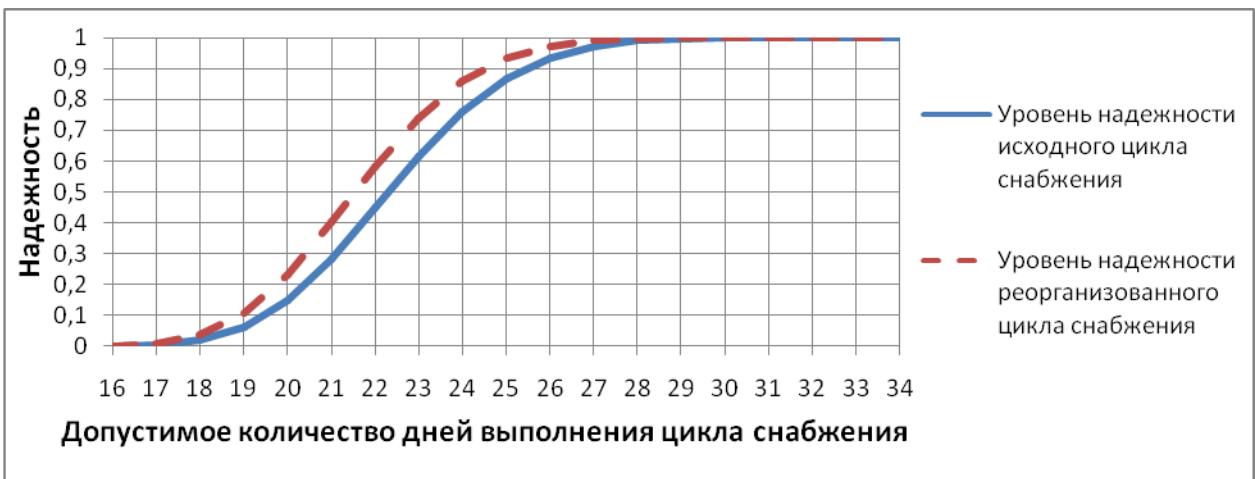


Рисунок 10. Уровни надежности исходного и реорганизованного циклов снабжения

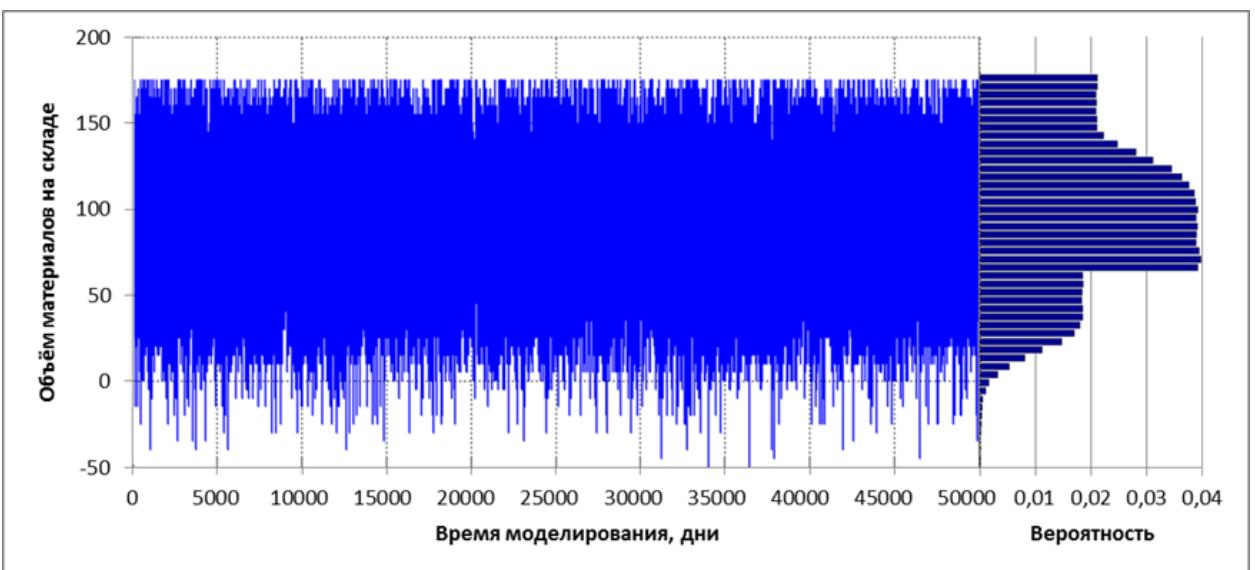
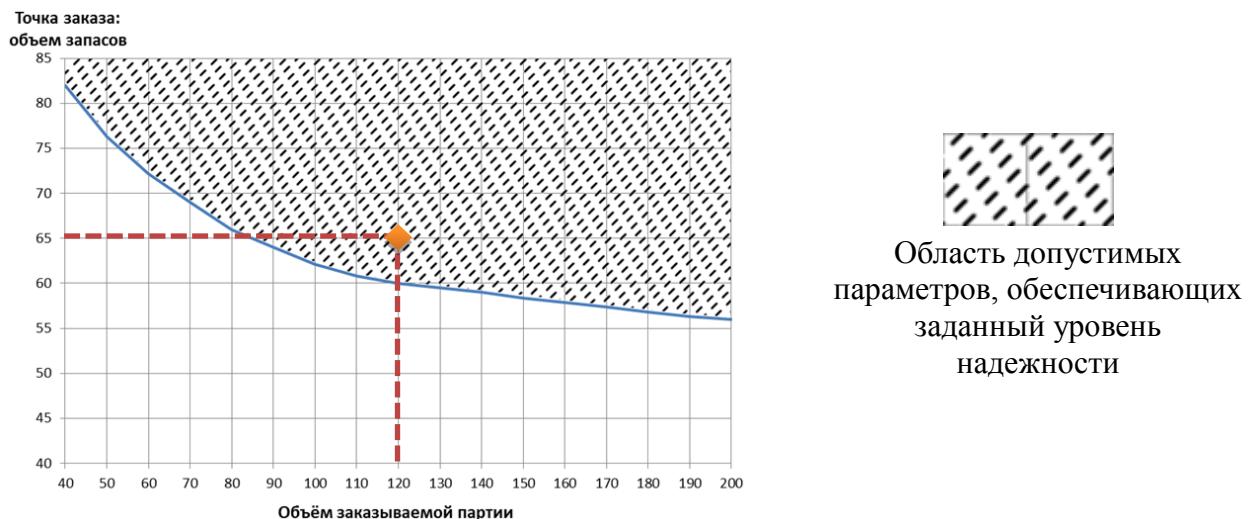


Рисунок 11. Моделирование процесса управления запасами



Область допустимых параметров, обеспечивающих заданный уровень надежности

Рисунок 12. Область допустимых параметров процесса управления запасами, обеспечивающих заданный уровень надежности

На Рисунке 12 построена область допустимых параметров стратегии управления запасами, обеспечивающих заданный уровень надежности. По оси абсцисс отложен размер заказываемой партии материалов, а по оси ординат отложен размер материалов, при котором происходит заказ. В этих же координатных осях на Рисунке 13 помимо линии заданного уровня надежности изображены линии уровня издержек. Для определения оптимальной стратегии управления запасами необходимо найти минимум издержек на линии заданного уровня надежности.

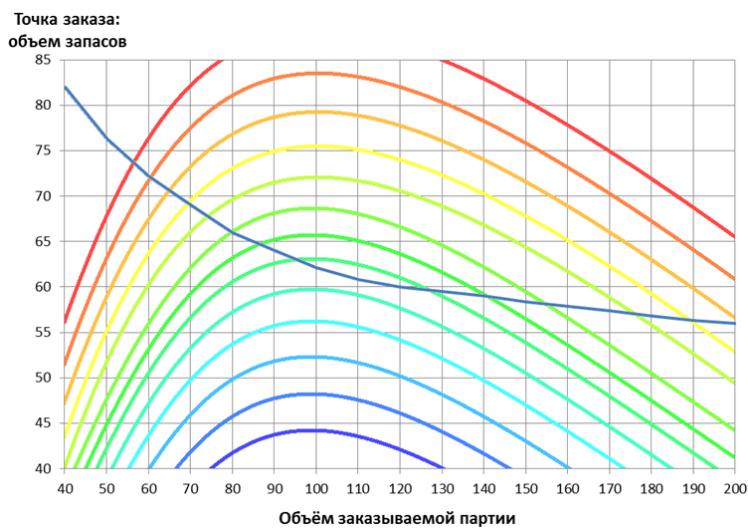


Рисунок 13. Линия минимально допустимого уровня надежности и линии уровня издержек

## ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ состояния современных промышленных предприятий показал, что издержки поставок материалов и комплектующих составляют до 30% от общих издержек предприятия и оптимизация системы управления снабжением может значительно повысить эффективность и конкурентоспособность предприятия в целом.
2. Проведенный анализ подходов к оценке надежности систем управления МТС предприятий показал, что наиболее удобно её производить с использованием метода Монте-Карло. Причем, для промышленных предприятий стратегического и оборонного значения актуальна постановка задачи минимизации издержек при заданном уровне надежности.
3. Разработанный подход к оценке надежности процесса снабжения промышленного предприятия материалами и комплектующими, полученными от внешних поставщиков, позволяет выявить узкие места системы снабжения и оценить результаты резервирования составляющих её процессов.

4. Разработанный подход к оценке надежности системы снабжения промышленного предприятия при недетерминированном спросе на материалы и комплектующие позволяет получать значения целевых функций, по которым возможно проводить оптимизацию параметров стратегии управления запасами.
5. Разработанный алгоритм минимизации издержек процесса снабжения промышленного предприятия при заданном уровне надежности позволяет выдать обоснованные параметры стратегии управления запасами при недетерминированном спросе на материалы и комплектующие.
6. Предложенный метод графического представления области допустимых параметров стратегии управления запасами, при которых система снабжения промышленного предприятия достигает заданного уровня надежности, наглядно иллюстрирует степень свободы при принятии управленческих решений, а так же обеспечивает их оперативную поддержку.

**Тема диссертации отражена в следующих научных работах:**

1. Захаров М.Н., Николаев П.А. Оценка надежности системы снабжения предприятия на основе метода Монте-Карло// Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2013. №1. С. 75-83.(0,75п.л./0,53п.л.)
2. Захаров М.Н., Николаев П.А. Моделирование работы системы снабжения промышленного предприятия при заданном уровне надежности // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2013. №11. С. 75-83.(0,75п.л./0,53п.л.)
3. Захаров М.Н., Николаев П.А. Оценка надежности логистического цикла в вертикально-интегрированных компаниях на основе метода Монте-Карло // Нефть, газ и бизнес. 2014. №3. С. 43-48. (0.5 п.л./0.35 п.л.)
4. Захаров М.Н., Николаев П.А. Метод оценки надежности систем снабжения предприятий при выполнении госзаказа // Контроллинг. 2015. №3. С. 30-36. (0.5 п.л./0.35 п.л.)
5. Захаров М.Н., Николаев П.А. Определение подходов к выбору уровня надежности логистических систем промышленного производства // Гуманитарный вестник (МГТУ им. Н.Э.Баумана): электронный журнал. 2013. №10. DOI: 10.18698/2306-8477-2013-10-109 (0,75 п.л./0,53 п.л.).
6. Николаев П.А., Подходы к построению вероятностных моделей процессов системы снабжения промышленного предприятия с целью оценки её надежности // Инженерный журнал Наука и инновации: электронное научно-техническое издание. 2014. №8. (0,75 п.л.). URL. <http://EngJournal.ru/articles/1296/1296.pdf>.