**Бугримов Виталий Алексеевич. Совершенствование методов обеспечения запасными частями станций технического обслуживания: диссертация ... кандидата Технических наук: 05.22.10 / Бугримов Виталий Алексеевич;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»], 2018**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «Московский политехнический университет»

На правах рукописи



**Бугримов Виталий Алексеевич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Специальность 05.22.10 - «Эксплуатация автомобильного транспорта»

**Диссертация**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

**Сарбаев Владимир Иванович**

Москва-2018

2

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

**ВВЕДЕНИЕ**  5

**1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ  
УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ**  11

1.1. Обзор исследований по управлению запасами на автомобильном  
транспорте 11

1. Анализ обобщенных показателей технического состояния автомобиля 22
2. Классические модели управления запасами 25
3. Общие принципы имитационного моделирования сложных динамических систем 35
4. Базовые методы статистического анализа потоков заказов на запасные части 39
5. Случайные процессы в задачах исследования и анализа потоков заказов и управления запасами 44

1.7. Формальная технологическая схема технического обслуживаиня и

ремонта в виде бизнес-процессов и бизнес-функций 52

Выводы по главе 1 56

**2. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОТОКА ЗАКАЗОВ И РАЗРАБОТКА  
АНАЛИТИКО-ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРААВЛЕНИЯ  
ЗАПАСАМИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ**  58

1. Общие принципы построения имитационной модели 58
2. Статистический анализ потоков заказов 61
3. Описание полигона проведения экспериментальных исследований .. 61
4. Выбор списка деталей для статистического анализа 62
5. Анализ объемов потока потребностей в различных запасных частях 63
6. Анализ временных рядов объема заказов и потребностей в запасных частях 68

3

1. Корреляционный анализ 72
2. Факторный анализ 74
3. Разработка одноподуктовой модели управления запасами 80
4. Результаты моделирования и анализа влияния параметров хранения на

целевую функцию 84

Выводы по главе 2 92

**3. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОПТИМИЗАЦИЯ НА  
ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ  
ДЕТЕЛЕЙ И УЗЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ**  95

3.1. Методика планирования эксперимента на имитационной модели  
управления запасами 95

3.2. Оптимизация параметров системы управления запасами 103

1. Классические оптимизационные процедуры оценки оптимальной партии заказа 103
2. Аппроксимация поверхности отклика функционала затрат от значений управляемых параметров 104

3.2.3. Алгоритмизация процедуры поисковой оптимизации на  
имитационной модели управления запасами 112

3.3. Моделирование случайных потоков потребностей в запасных частях.... 118

3.4. Методика построения прогноза объемов заказов на различную  
номенклатуру запасных частей 123

3.5. Разработка обобщенной модели многопродуктовой системы управления

запасами с взаимосвязанными входными потокам 128

Выводы по главе 3 131

**4. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ  
МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ СТАНЦИИ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**  133

4.1. Сравнительный анализ работы предприятия до и после внедрения системы  
анализа, планирования и управления запасами 136

4

4.1.1. Регрессионный анализ сравнительного анализа результатов  
моделирования и фактического состояния склада запасных частей 136

4.2. Структура программно-моделирующего комплекса 141

1. Процессная составляющая программы управления запасами 144
2. Построение одной выборочной траектории динамики потребностей и запасов 145

4.2.3. Построение графиков показателя эффективности от одного  
выбранных варьируемых факторов 146

1. Программа построения дробных факторных планов 149
2. Программа построения планов Бокса-Бенкена 151
3. Алгоритм моделей генерации процесса расхода запасных частей.... 152
4. Программа наложения тренда 154

4.3. Экономическая эффективность результатов исследования 154

Выводы по главе 4 158

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  159

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**  161

**ПРИЛОЖЕНИЯ**  173

5

**ВВЕДЕНИЕ**

Современные автомобили являются объектами, которые состоят в среднем из порядка 70 тысяч элементов, которые имеют различающиеся показатели надежности. На качество транспортных средств, прежде всего, влияет своевременное удовлетворение периодически возникающей необходимости замены неисправных элементов на станциях технического обслуживания. Однако, ряд недостатков в функционировании уже созданных систем управления складом запасных частей в организациях, обслуживающих и эксплуатирующих автомобильный транспорт, продолжает существовать. Наиболее частая проблема – переполненность складов, сопровождаемая дефицитом одних деталей и избытком других.

Причиной чаще всего является то, что лицо, принимающее решение, прежде всего не видит конечного результата введения того или иного параметра, кроме того, не может точно прогнозировать потребность в запасах. Следовательно, его действия непоследовательные и имеют эвристический характер. Проблема состоит в отсутствии научно обоснованных методик управления складами запасных частей и комплектующих, функционирующих с достаточной эффективностью с учетом оптимизации параметров. Не менее проблематично и отсутствие инструментов согласования между параметрами систем управления складами, менеджерскими воздействиями на них и результативностью эффективности их работы. Решение данного противоречия между ростом эффективности процесса поставки на предприятия запасных частей и попытками сократить расходы, сопряженные с их хранением, и стало причиной возникновения данной исследовательской работы. Исходя из вышесказанного не подлежит сомнению, что поиск средств повышения эффективности функционирования предприятий, специализирующихся на обслуживании и эксплуатации автомобилей на базе сокращения затрат на складское хранение запасных частей и устранение их дефицита является актуальной проблемой.

6

В последние несколько лет в Российской Федерации наблюдается стабильная тенденция увеличения автопарка, численность автомобилей увеличивается приблизительно на 6-7% в год.

Стихийный рынок автотранспорта, сформировавшийся в начале 1990-х годов, постепенно становится более цивилизованным, формируются разносторонние и систематические контакты между участниками рынка. Наряду с активным ростом доходов граждан наблюдается и стабильное увеличение спроса как на новые, так и на подержанные автомобили, что, опять же, активизирует рост рынка, предоставляющие услуги в сфере сервисного обслуживания автомобилей.

В 2017 году в городе Москва и Московской области работает около 5300 предприятий, профильная деятельность которых связана с обслуживанием и эксплуатацией транспортных средств. Приблизительно для 10% из них профильным направлением считается обслуживание автомобилей, выпущенных за границей (к этой группе также были отнесены зарегистрированные дилеры предприятий-изготовителей). Дилерские сети популярных предприятий-изготовителей развиваются очень динамично, в настоящее время каждая их них включает примерно 3-5 предприятий.

Один из признаков качественного сервиса – грамотная организация его производственно-технической базы. Выделяется большое количество задач материально-технического обеспечения, из которых наиболее значимыми являются следующие:

- гарантия оптимальных запасов запасных частей и материалов, а также  
путей их пополнения;

- улучшение процессов заказа, покупки и поставки комплектующих.  
Если перечисленные задачи выполняются неудовлетворительно станции

технического обслуживания могут испытывать следующие проблемы:

- излишние простои автомобилей в ремонте, затрудняющие  
функционирование производственной зоны и ведущие к необходимости поиска  
все больших помещений для хранения автомобилей, ожидающих ремонта или  
обслуживания;

7

* разрастание очередей на обслуживание;
* возрастание потока вынужденных отказов в обслуживании, связанных с нехваткой запасных частей;
* падение уровня конкурентоспособности предприятия на отечественном и иностранном рынках, понижение популярности конкретных автомобильных марок.

Решить эти проблемы позволит создание научно обоснованной системы управления запасами запасных частей на станции технического обслуживания.

Таким образом, исследования, направленные на повышение уровня материально-технического снабжения являются актуальными.

**Рабочей гипотезой** стало предположение о том, что эффективность работы предприятий, специализирующихся на обслуживании автомобилей, может быть увеличена при управлении складом, основанном на функции спроса на запасные части и оптимизацией уровня максимального и минимального уровней запаса.

**Цель исследования:** повышение эффективности функционирования предприятий, занимающихся обслуживанием автомобилей, путем снижения затрат на хранение запасных частей на складе и устранения их дефицита.

Для достижения цели исследования поставлены и решены следующие задачи:

1. Провести системный анализ методов и моделей управления поставками запасных частей и комплектующих для станции технического обслуживания.
2. Разработать бизнес-процесс организации и выполнения ремонтных работ на станции технического обслуживания.
3. Провести статистический анализ временных рядов поступления заявок на отдельные группы автомобильных запасных частей.

4. Разработать имитационные модели однопродуктовой и  
многопродуктовой систем управления запасами запасных частей и  
комплектующих для станции технического обслуживания.

8

1. Сформировать показатели эффективности и включение алгоритма оптимизации в контур имитационной модели управления запасами станции технического обслуживания.
2. Осуществить программную реализацию разработанных методов, алгоритмов и моделей.

**Объектом исследования** является процесс потребления запасных частей и комплектующих на предприятиях, занимающихся обслуживанием автомобилей.

**Предмет исследования:** закономерности потребления запасных частей и комплектующих предприятий, занимающихся обслуживанием автомобилей в переменных условиях: при изменении объема заказов, стоимости хранения и других параметров**.**

**Методы исследования:** математический анализ; математическая статистика и теория вероятностей; теория массового обслуживания; логистика; системный анализ; теория менеджмента; имитационное и математическое моделирование; теория очередей и управления запасами.

**Научная новизна** состоит в предложенной совокупности методов, моделей, алгоритмов и методики управления поставками запасных частей и комплектующих, которые **выносятся на защиту**:

* в работе предложены модели генерации многомерных взаимосвязанных временных рядов, позволяющие моделировать потоки случайных заявок на запасные части станций технического обслуживания и отличающиеся основой в виде геометрического и экспоненциального распределения;
* обнаружена взаимосвязь между деталями, предварительно разделенными на группы, обладающие априорной зависимостью потребностей и поставок, позволяющая генерировать взаимосвязанные ряды потребностей в запасных частях;
* разработана однопродуктовая имитационная модель управления запасами запасных частей различной номенклатуры, для которых имеют место специфические случайные временные объемы заказов для реализации работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, позволяющая определить

9

оптимальный уровень запасов на складе и отличающаяся тем, что может быть адаптирована для решения задач, направленных на сокращение трат и обеспечение минимального уровня финансовых вложений и дефицита при изменяющихся параметрах хранения запасов, таких как цена хранения, штраф за отсутствие и др.

- разработана многопродуктовая модель управления складом запасных частей, позволяющая получать информацию о моменте, структуре и объеме заказа на его пополнение, что обеспечивает как можно более эффективное использование складских ресурсов и отличающаяся тем, что позволяет совместить поставки для снижения логистических издержек.

**Теоретическая и практическая значимость работы**

Разработанная методика определения оптимального уровня запасов на складе запасных частей даёт возможность повысить эффективность работы предприятий, занимающихся обслуживанием автомобилей, свести до минимума затраты ресурсов и их потери, а также уровень удовлетворенности потребителей.

Результаты исследований имеют прикладной характер и могут быть использованы при совершенствовании технологического процесса управления складом запасных частей станций технического обслуживания и в учебном процессе высших учебных заведений.

**Достоверность полученных результатов**

Достоверность результатов обеспечивается принятой методологией исследования, включающей в себя современные научные методы: корреляционно-регрессионный анализ, планирование эксперимента, имитационное моделирование, а также апробацией при обсуждении результатов на международных научно-практических конференциях. Это позволило обеспечить доказательность и обоснованность разработанных подходов и полученных результатов.

**Реализация результатов работы**

Результаты исследований внедрены на следующих станциях технического обслуживания автомобилей: ООО «Рольф» филиал «Алтуфьево» и ООО «СТО

10

Олимп», а также в учебном процессе Московского политехнического университета.

**Апробация работы**

Разработанные методы и алгоритмы прошли апробацию и внедрены для практического применения в ряде предприятий, а также используются при организации учебного процесса на кафедре «Наземные транспортные средства» Московского политехнического университета.

Содержание отдельных разделов и диссертации в целом было доложено и получило одобрение:

на научно-методических конференциях

* III Международная научная конференция «Актуальные вопросы транспорта в современных условиях» (г. Саратов, 2016 г.);
* XVIII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств» (г. Владимир, 2016 г.);

- Международная научно-практическая конференция «Транспорт и  
логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и  
экономических связей» (г. Ростов-на-Дону, 2017 г.);

- III Международная научная конференция «Эффективность технической  
эксплуатации и автосервиса транспортных и технологических машин»  
(г. Саратов, 2017 г.);

- III, IV Международных научно-практических конференциях  
«Информационные технологии и инновации на транспорте» (г. Орел, 2017,  
2018 гг.)

- на заседании кафедры «Наземные транспортные средства» Московского  
политехнического университета 30 августа 2017 г.

Материалы диссертации отражены в 13 печатных работах, в том числе 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 175 страницах, содержит 84 рисунка, 34 таблицы, список литературы из 127 наименований и 3 приложения.









****

****



****







****





****

**** 

**   
  
** 

   
 

1.  
2.  
3.  
4.  
5.  

 

 

 

**   
  
** 

*  
*  

1. 
2.  
3. 
4.  



1.  
2.  

*  
* 

 

 

**   
  
** 

   
 

  

*  
*  

   
 

 

   
 

 

 

 

**   
  
** 

  
 



  
 

  

*  
*  

   
 

*  
*  
* 
*  

  

 

**** 

**** 

**** 



****















   


   




   
  
  




1. 
2. 
3. 





****

****



1. 
2. 
3. 

   
  




1. 
2. 

****

********

****

********

1. 
2. 
3. 







****





****



****







****







1. 
2. 

   
  


   
  


   
  


   






**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований решена научная задача совершенствования систем управления запасами станций технического обслуживания на основе предложенных научных подходах, алгоритмах и программных продуктах имитационного моделирования процессов управления запасами, имеющая существенное значение для развития автомобильного транспорта.

1. Выполнен системный анализ методов и моделей управления поставками запасных частей и комплектующих, проведен анализ моделей без дефицита и с дефицитом, а также рассмотрена двухуровневая модель управления запасами, которая ставит задачи вероятностного моделирования, представлена классификация стратегий управления запасами, которые используются на практике, разработана классификация факторов, влияющих на потребность станции технического обслуживания в запасных частях.
2. Предложена общая структура и состав имитационной модели управления запасами, разработаны и реализованы алгоритмы моделирования однопродуктовой и многопродуктовой систем управления запасами без дефицита и с дефицитом, а также двухуровневая модель управления запасами запасных частей для станции технического обслуживания.
3. На основе использования разработанных алгоритмов и программ вероятностного моделирования построена имитационная модель, позволяющая решать однопродуктовые и многопродуктовые задачи управления запасами, задачи оптимизации параметров алгоритма управления запасами, с произвольным автокоррелированным потоком заявок, а также алгоритмами управления, основанными на прогнозных значениях интенсивности запросов запасных частей для станций технического обслуживания автомобилей.
4. Проведен детальный статистический анализ временных рядов потребностей запасных частей, который направлен на параметризацию предложенной модели с точки зрения оценки эффективности стратегий управления предприятием сервисного

160

обслуживания. В результате анализа выделены классы случайных процессов и временных рядов, имеющие наибольшее практическое применение при моделировании потоков заказов и потребностей в запасных частях. Предложена методика прогноза запроса деталей, которая учитывает корреляционные взаимосвязи между расходом различных запасных частей. Коэффициент корреляции составил значение от 0,25 до 0,86 внутри группы связанных запасных частей.

1. Для повышения эффективности различных схем управления запасами запасных частей на станции технического обслуживания и последующего анализа результатов предложена программно-аналитическая методика с использованием различных формальных моделей планирования эксперимента, а именно двухуровневых дробных факторных планов, трехуровневых планов Бокса-Бенкена, методов стохастической аппроксимации и других, позволяющих оценить и ранжировать эффекты всех исследуемых факторов модели.
2. Предложен алгоритм выполнения работ, связанных с выполнением бизнес-процесса регистрации, учета и контроля процесса выполнения ремонтных работ, который включает бизнес-функции: приемки соответствующего автомобиля или агрегата для выполнения ремонтных работ; разборки и диагностики компонентов; формирования технологической документации для реализации ремонтных работ; общее планирование необходимых запасных частей и комплектующих, необходимых при организации производственной деятельности авторемонтного предприятия.
3. Разработана обобщенная методика формирования стратегии управления запасами запасных частей, включающая семь этапов, от получения статистических данных, до формирования управленческих решений по управлению запасами запасных частей для станции технического обслуживания. Адекватность модели, разработанной в исследовании, предложенных методик и системы управления запасами склада запасных частей станции технического обслуживания доказывается эффективностью использования результатов на предприятиях ООО «Рольф» филиал «Алтуфьево». Критерий Фишера при проверке адекватности модели составил 43,8 при табличном значении равном 19. Экономический эффект от внедрения методики на полигоне составил 2,2 млн. руб.

161

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авдонькин, Ф.Н. Планирование затрат на запасные части / Ф. Н. Авдонькин, А. И. Малышев // Повышение эффективности использования автомобильного транспорта. – Саратов: из-во Сарат. политехи, ин-т, 1983. – С. 3– 11.
2. Авдонькин, Ф.Н. Планирование расхода запасных частей на ремонт автомобильных ДВС / Ф. Н. Авдонькин // Двигателестроение, 1988. – № 10. – С. 29–30.
3. Агафонов, А.В. Определение потребности дилерских станций технического обслуживания автомобилей в запасных частях и повышение эффективности управления запасами : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Агафонов Алексей Валентинович. – М., 2003. – 221 с.
4. Айвазян, С.А., Прикладная статистика и основы эконометрики / С.А. Айвазян, B.C. Мхитарян. – М.: Юнити, 2001. – 405с.
5. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М.: Мир, 1976. – 757 с.
6. Афанасьев, В.Н. Эконометрика / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев, Т.И. Гуляева М.: Финансы и статистика. 2004. – 256 с.
7. Балдин, К.В. Эконометрика / К.В. Балдин, О.Ф. Быстров, М.М. Соколов. – М.: ЮНИТИ. 2004. – 254 с.
8. Банников, В.А. Векторные модели авторегрессии и коррекции регрессионных остатков (EVIEWS) / В.А. Банников // Прикладная эконометрика, – 2006. – № 3. – С. 96-129.
9. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – М.: Финансы и статистика. 2005. – 431 с.

10. Божко, В.П. Информационные технологии в статистике / В.П. Божко.  
– М. : Финстатинформ, 2002. – 144 с.

162

1. Боровиков, В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В.П. Боровиков. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с. ил.
2. Боярский, Л.С. Идентификация логистической кривой с сезонной компонентой / Л.С. Боярский, В.К. Семёнычев, В.К. Семенычев // Сб. трудов «Рыночная экономика (состояние, проблемы, перспективы)». – Самара, 2004. –С. 76–80.
3. Брандт, 3. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров / 3. Брандт. – М.: Мир. ООО «Издательство ACT», 2003. – 686 с.