

*На правах рукописи*



УДК 681.51 : [629.33 : 658.818.3]

БЕЛЯЕВ ЭДУАРД ИРЕКОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ АВТОМОБИЛЕЙ  
НА СТАДИИ ГАРАНТИЙНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

**Специальность**

05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации  
(в науке и технике)»

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

ИЖЕВСК - 2012

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Камская государственная инженерно-экономическая академия»

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Научный руководитель  | Доктор технических наук, профессор,<br>Макарова Ирина Викторовна  |
| Официальные оппоненты | Доктор технических наук, профессор,<br>Коршунов Александр Иванович<br><br>Кандидат технических наук, доцент,<br>Файзутдинов Рустем Ниязович |
| Ведущая организация   | ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»   |

Защита диссертации состоится «15» марта 2012 г. в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 212.065.06 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет», по адресу: 426069 г. Ижевск, ул. 30 лет Победы, 2, корп. 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет», с авторефератом – на сайте ИжГТУ: <http://www.istu.ru/>.

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, Ученому секретарю совета Сяктереву В.Н., Тел./факс:(3412) 59-05-49; E-mail: [dissovvet@istu.ru](mailto:dissovvet@istu.ru)

Автореферат разослан «10» февраля 2012 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета Д 212.065.06  
кандидат технических наук, доцент



В.Н. Сяктерев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В условиях роста конкуренции между мировыми производителями автомобильной техники (АТ) организация ее сервисного сопровождения, обеспечивающего бесперебойную эксплуатацию становится одним из главных факторов конкурентоспособности, это тем более актуально, поскольку техника становится все более наукоемкой и высокотехнологичной, а этап эксплуатации - самый длительный из всех этапов жизненного цикла.

Производители заинтересованы в расширении рынков сбыта, что включает создание сети фирменных сервисных центров (ФСЦ) за рубежом. Устойчивость позиций на зарубежных рынках определяются предпочтениями потребителей, выбирающими тот автомобиль, с которым не будут иметь проблем на стадии эксплуатации, что достигается качественным и своевременным сервисом. Одним из факторов обеспечения компанией-экспортером эксплуатационной надежности автомобилей в системе фирменного сервиса (ФС) является наличие необходимых запасных частей. Однако в настоящее время задача планирования поставок запасных частей (ЗЧ) в сети ФСЦ решается в большинстве случаев на интуитивном уровне. Это не только затрудняет процесс обслуживания, но и увеличивает среднее время восстановления работоспособности автомобильной техники в случае возникновения отказа детали, узла или агрегата.

Одним из вариантов организации управления надежностью автомобилей является создание проблемно-ориентированной системы для совершенствования системы поставок запасных частей, позволяющей обеспечить контроль и прогнозирование отказов деталей, узлов и агрегатов. Особую актуальность такая система имеет в гарантийный период эксплуатации автомобиля, поскольку проблемы с сервисным обслуживанием в этот период снижают доверие потребителя к бренду и конкурентоспособность производителя. Анализ причин отказов АТ в гарантийный период позволит планировать поставки ЗЧ для предотвращения подобных ситуаций при последующей работе.

**Цель исследования:** разработать проблемно-ориентированную систему для управления надежностью автомобилей на стадии гарантийного обслуживания через совершенствование системы поставок запасных частей в сети фирменного сервиса автомобилестроительного предприятия.

### **Задачи исследования:**

- разработать методику оптимизации поставок запасных частей для совершенствования процессов гарантийного обслуживания и роста технико-экономических показателей сети фирменного сервиса автомобилестроительного предприятия за рубежом с использованием системного подхода;
- разработать структуру модулей и выполнить программную реализацию проблемно-ориентированной системы для принятия обоснованных решений по оптимизации времени и комплектности поставок запасных частей;

➤ разработать программный модуль по построению структуры гарантийных комплектов запасных частей, основанный на вероятностной модели отказов автомобильной техники и позволяющий вырабатывать рекомендации по качественному и количественному составу комплекта в зависимости от модели и модификации автомобиля, а также страны эксплуатации, фактора сезонности и видо-возрастной структуры парка;

➤ разработать на основе алгоритмов мониторинга и анализа информации с учетом специфики страны эксплуатации, сезонной составляющей, видо-возрастной структуры парка, а также интенсивности отказов имитационную модель поставок партий запасных частей, позволяющую определять структуру и время поставок. Провести оптимизационный эксперимент на разработанной имитационной модели;

➤ на основе полученных в ходе оптимизационного эксперимента результатов и совокупности управленческих решений в базе знаний разработать алгоритм выработки рекомендаций по управлению поставками запасных частей в сети фирменного сервиса автомобилестроительного предприятия за рубежом.

**Объектом исследования** является распределенная система фирменных сервисных центров автомобилестроительного предприятия в зарубежных регионах.

**Предмет исследования** – методы и алгоритмы обеспечения запасными частями сети фирменных сервисных центров автомобилестроительного предприятия за рубежом.

**На защиту выносятся** наиболее значимые результаты диссертационного исследования, составляющие **научную новизну работы**:

➤ структура проблемно-ориентированной системы для управления надежностью автомобилей на стадии гарантийного обслуживания путем совершенствования системы поставок запасных частей;

➤ методика оптимизации поставок запасных частей в системе фирменного сервиса автомобилестроительного предприятия за рубежом, основанная на исследовании данных по обращениям в фирменные сервисные центры и анализе интенсивности отказов автомобилей на этапах приработки и штатной эксплуатации гарантийного периода;

➤ алгоритм и программная реализация расчета качественной и количественной структуры гарантийных комплектов, а также планирования и определения времени поставок запасных частей для удовлетворения потребности в обслуживании на этапах приработки и штатной эксплуатации гарантийного периода;

➤ алгоритм интеграции сводной производственной спецификации автомобилестроительного предприятия с разработанными программными модулями для исключения ошибок, связанных с взаимозаменяемостью некоторых

деталей, узлов и агрегатов;

➤ имитационная модель системы поставок запасных частей в сети фирменных сервисных центров автомобилестроительного предприятия за рубежом с целью управления процессами в ней;

➤ алгоритм выработки управленческих решений по результатам компьютерного эксперимента на имитационной модели средствами механизма прямого вывода продукционной модели базы знаний.

**Методы исследования.** В работе использовались методы системного анализа, статистического анализа и прогнозирования, математического и имитационного моделирования, теория алгоритмизации и программирования, теория планирования эксперимента, методы оптимизации, теория вероятности и теория рисков.

**Практическая ценность работы** заключается в том, что использование методик и алгоритмов, реализованных в разработанной системе, способствует повышению качества сервисных услуг за счет принятия научно обоснованных управленческих решений, сокращения времени восстановления работоспособности автомобилей, а также значительного снижения затрат связанных с хранением излишков запасных частей и организацией дорогостоящих срочных поставок.

**Реализация работы.** Результаты работы внедрены и используются в ЗАО «Внешнеторговая компания «КАМАЗ» и ОАО «КАМАЗТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ» как средство оптимизации планов поставок запасных частей в регионы эксплуатации автомобильной техники КАМАЗ для повышения качества гарантийного обслуживания, а также в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Камская государственная инженерно-экономическая академия».

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы обсуждались и получили одобрение на следующих научных конференциях: Международных (по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (г.Алушта, 2011); «Проблемы транспорта 2011» (Польша, 2011); «Технологии, материалы, транспорт и логистика» (Украина, г.Ялта, 2011); «Современные информационные технологии в управлении транспортно-логистическими системами» (г.Казань, 2011); «Образование и наука – производству» (г.Набережные Челны, ИНЭКА, 2010); «Будущее технической науки» (г.Нижний Новгород, НГТУ им. Алексеева, 2010)) и Всероссийских (молодежная научно-техническая конференция «Авто-НН-2009» (г.Нижний Новгород, НГТУ им. Алексеева, 2009); научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2011 (г.Санкт-Петербург, 2011)), а также научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и молодых ученых «Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке» (Ижевск, ИжГТУ, 2011 г.).

**Публикации.** Основные положения и результаты диссертации опубли-

кованы в 15 печатных работах, из них 3 статьи в ведущих научных журналах, входящих в перечень ВАК, 12 статей и тезисов в сборниках научных трудов и материалах научных конференций различного уровня, получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка использованных источников (112 наименований), 1 приложения. Содержание работы изложено на 178 страницах машинописного текста, включая 48 рисунков и 27 таблиц.

**Личный вклад автора:** заключается в непосредственном участии на всех этапах исследования, включающих разработку концептуальной модели проблемно-ориентированной системы управления, технической постановки задачи, подходов и методов к решению исследуемой проблемы, моделирование изучаемых характеристик и анализ полученных результатов.

### СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Во введении* обоснована актуальность проводимых исследований, сформулирована цель работы, выделены научная новизна, практическая значимость полученных результатов и основные положения, выносимые на защиту.

*Первая глава* представляет собой литературный обзор основных направлений совершенствования методов и технологий оптимизации процессов системы фирменного обслуживания АТ. Анализ исследований таких авторов, как Бауэр В.И., Безуглов Ю.И., Кузнецов Е.С., Напольский Г.М., Нгуен В.З., Ахмеджанов Р.Ш., Шишканов Р.А., А.П. Киркин, М.П. Гордон, Ю.М. Неруш показал, что для автомобилестроительных предприятий, в условиях развития сети ФСЦ за рубежом актуальным становится организация оперативного реагирования на возрастающий поток заявок, а также разработка качественного механизма управления поставками и распределением запасных частей между всеми субъектами сети ФСЦ.

Однако существующие разработки в области программного обеспечения для учета запасов, планирования поставок, прогнозирования спроса не предназначены для использования при нестационарном спросе, в то время как заявки на обслуживание АТ формируются в условиях стохастического характера ее отказов. Поэтому для планирования и оптимизации работы сети ФСЦ эффективным решением является создание системы управления поставками запасных частей.

*Во второй главе* проводится анализ ФС с позиции системного анализа. При организации эффективного управления процессами в системе ФС необходимо учитывать кибернетический принцип обратной связи. Наличие обратной связи, сигнализирующей о достигнутом результате, является необходимым условием эффективного функционирования процессов в рассматриваемой системе, поскольку управляющее воздействие корректируется на основании такой

информации.

Опираясь на информацию контура обратной связи, подсистема управления должна переводить систему ФС АТ из одного установившегося состояния, определяемого условиями окружающей среды, в новое состояние, соответствующее произошедшим в этой среде изменениям (рис.1).

Входные параметры  $X$  подразделяются на следующие группы:

- характеризующие предысторию среды и системы ФС;
- описывающие актуальное состояние среды и системы ФС;
- технологические (управляемые) параметры;
- неуправляемые параметры (не зависящие от человека).

Выходные параметры  $Y$  - это свойства системы, зависящие от входных параметров (в т.ч. параметров, характеризующих среду).

При этом последовательно должны решаться две обратные задачи распознавания:

- во-первых, по заданному целевому состоянию  $T$  определяются наиболее характерные для данного состояния выходные параметры системы ФС;
- во-вторых, по определенному на предыдущем шаге набору выходных параметров  $Y$  определяются входные параметры  $X$ , с наибольшей эффективностью переводящие объект в состояние с этими выходными параметрами:  $X = Y^T(Y)$ .

Подсистема реализации управляющих воздействий осуществляет выбранное технологическое воздействие на систему.

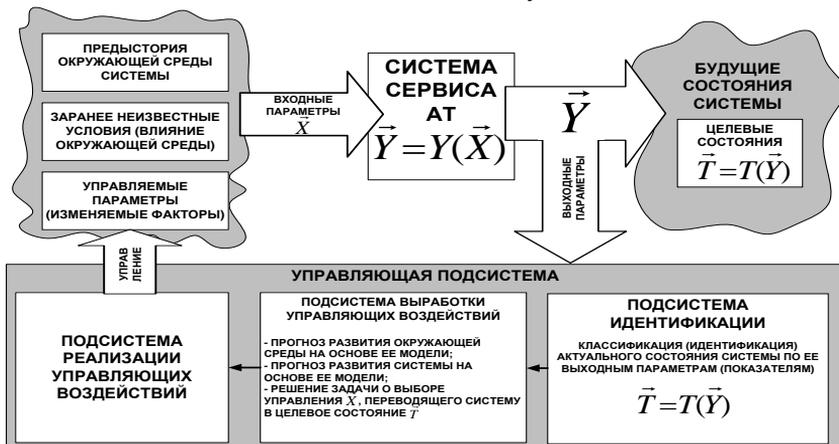


Рис. 1. Параметрическая модель функционирования системы сервиса на автомобилестроительных предприятиях

Принятие решений в системе должно основываться на результатах анализа данных мониторинга показателей деятельности системы (выходных па-

раметров  $Y$ ).

Для оценки возможности «улучшения» показателей деятельности, необходимо иметь некую «эталонную» систему, при функционировании которой показатели будут иметь оптимальные значения. Имея такую информацию, можно строить стратегию управления в направлении улучшения тех показателей, значения которых ниже «эталонных», следовательно, могут быть улучшены.

Для разработки стратегии управления использовалась методология системы сбалансированных показателей - Balanced Scorecard (BSC), предполагающая проектирование карты целей (cause-and-effect diagram), отображающей взаимосвязь целей, стратегических задач и критических факторов успеха предприятия.

Так были выявлены *проблемы, которые можно решить, оптимизируя управление поставками ЗЧ в системе ФС*:

- затраты, вызванные большими запасами излишков ЗЧ на складах ФСЦ и малым уровнем оборачиваемости;
- простои АТ на постах обслуживания по причине отсутствия ЗЧ, а также потеря клиентов при значительном времени ожидания;
- отсутствие методик анализа обращений клиентов в сервисные центры по причине дефектов АТ и предупреждения отказов;
- отсутствие системы мониторинга потребностей в ЗЧ и комплектующих.

Для планирования структуры и времени поставок ЗЧ предлагается методика статистической обработки результатов обращений в ФСЦ для определения интенсивности отказов агрегатов, узлов и деталей, в зависимости от наработки для прогнозирования профилактической замены. В предлагаемой методике для определения потребности в ЗЧ применяются расчетные модели, основанные на теории эксплуатационной надежности. В основе этих моделей лежит предположение о том, что потребность ФСЦ в ЗЧ определяется надежностью деталей узлов и агрегатов на каждом этапе эксплуатации, зависящей от множества факторов и определяемой таким показателем как наработка до отказа (ед./тыс.км.).

При эксплуатации АТ нагрузки, действующие на узлы и агрегаты, приводят к изменению (ухудшению) ее технического состояния, вплоть до невозможности эксплуатации. Отказ АТ возникает в момент времени  $T_{отк}$ , который с определенной вероятностью можно спрогнозировать. Как показывает опыт эксплуатации технических изделий, изменение интенсивности отказов  $\lambda(t)$  подавляющего большинства объектов описывается  $U$  – образной кривой (рис.2).

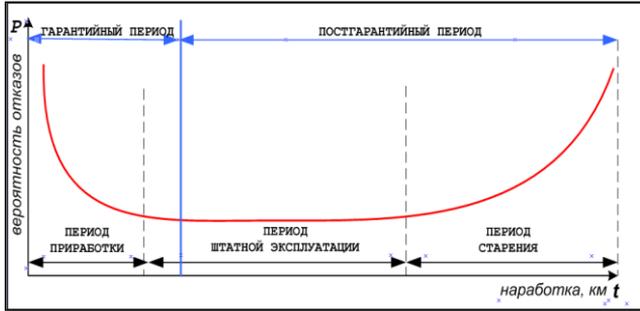


Рис. 2. График изменения интенсивности отказов

При этом интенсивность отказов АТ разделяется на три эксплуатационных этапа. Повышенная интенсивность отказов в период приработки (рис.3) может быть связана как с недоработками конструкции, так и с технологическими производственными дефектами. В период штатной эксплуатации отказы носят случайный характер, обусловлены, прежде всего, несоблюдением условий эксплуатации, повышенной нагрузкой, неблагоприятными внешними воздействиями и проявляются внезапно (рис.4). Этот период соответствует основному времени эксплуатации объекта. Третий период характеризуется возрастанием интенсивности отказов, что вызвано старением и другими причинами, связанными с длительной эксплуатацией.

Наиболее важным показателем конкурентоспособности АТ является уровень организации гарантийного обслуживания, во время которого формируется решение клиента о повторном обращении и обслуживании в постгарантийный период в данном ФСЦ.

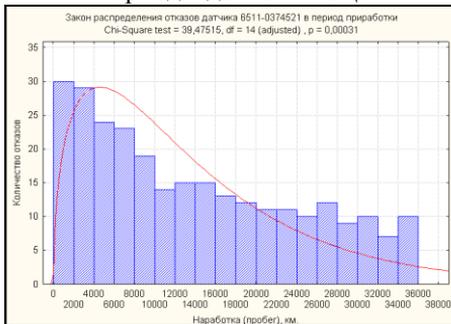


Рис. 3. Распределение отказов датчика 6511-0374521 в период приработки (скрытые дефекты производителя)

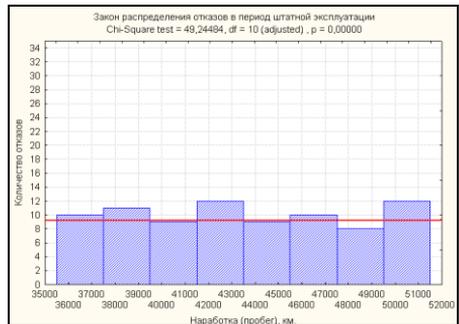


Рис. 4. Распределение отказов датчика 6511-0374521 в период штатной эксплуатации (внешние воздействия)

Гарантийный период эксплуатации АТ включает в себя период приработки и часть периода штатной эксплуатации, поэтому обеспечение должно включать в себя два функционально различных механизма.

С отказами в период приработки бороться невозможно, но можно предсказать с определенной достоверностью временные промежутки, во время которых дефект достигнет критических значений, приводящих к отказам. Для повышения уровня эксплуатационной надежности в период приработки, учитывая его специфику, необходим долгосрочный прогноз на величину  $T$ , равную продолжительности данного периода, основанный на анализе статистики отказов.

Одним из методов повышения надежности является резервирование. Если есть возможность иметь в системе ЗЧ, то вероятность того, что на момент отказа будет произведена немедленная замена дефектного узла, существенно увеличивается. Поэтому для обеспечения бесперебойного обслуживания на этапе приработки гарантийного периода эксплуатации автомобиля был разработан механизм расчета качественной и количественной структуры гарантийных комплектов запасных частей (ГКЗЧ), которые формируются для очередной партии реализуемых автомобилей и отправляются в регион эксплуатации вместе с ней.

В период штатной эксплуатации отказы в значительной мере зависят от условий эксплуатации, носят стохастический характер и поэтому прогноз потребности в ЗЧ осуществляется на основе зависимостей, установленных путем анализа обращений в ФСЦ.

Имея данные по остаточным ресурсам  $t_{pec}$ , рассчитанные на основе вероятности отказов  $P(t)$ , можно определить вероятную дату отказа для любого узла, агрегата или системы:

$$T_{отк} = T_n + t_{pec}, \quad (1)$$

где  $T_n$  - дата начала упреждения прогноза.

Заявка на отгрузку ЗЧ должна быть выдана производителю с таким расчетом, чтобы к предполагаемой дате отказа ЗЧ уже была получена:

$$T_{заяв} \geq T_{отк} - t_{исп}, \quad (2)$$

где  $T_{заяв}$  - дата подачи заявки на отгрузку ЗЧ;

$t_{исп}$  - общее время исполнения поставки.

$$\text{В свою очередь } t_{исп} = t_{отгр} + t_{дост}, \quad (3)$$

где  $t_{отгр}$  - время отгрузки ЗЧ на склад реализации;

$t_{дост}$  - время доставки ЗЧ до ДСЦ.

При выполнении условия  $t_{pec} = t_{исп}$ , необходимо пополнение этого вида ЗЧ.

Ввиду стохастического характера времени исполнения поставки  $t_{исп}$  и остаточного ресурса  $t_{pec}$  необходима коррекция вышеуказанного условия:  $t_{pec} \geq t_{исп}$ . То есть заявку на отгрузку ЗЧ необходимо подавать производителю не позднее даты  $T_{заяв} = T_{отк} - t_{исп}$ . Замена изношенных деталей на новые должна быть осуществлена тогда, когда техническое состояние будет максимально близко к  $Y_{пр}$  (к моменту, близкому к  $T_{отк}$ ). В условиях работы на зарубежном

рынке, заявка должна быть подана несколько раньше данной даты.

При разработке методики использовался алгоритм объемно-стоимостного анализа запасов на складах ФСЦ. Было выявлено, что в случае отклонения суммарных затрат на поставку, хранение и оплату штрафов за дефицит, необходимо корректировать заданные параметры, для чего ЗЧ были разделены на три основные группы. Первая группа - это расходные материалы и быстроизнашиваемые ЗЧ, такие как фильтры, уплотнения, ремни. Вторая группа - небольшие агрегаты - гидромотор, насосы, стартеры, генераторы, радиаторы. И завершают список крупные агрегаты, такие как двигатель, ходовая часть. При формировании партий поставок ЗЧ в качестве основного фактора должна учитываться необходимость в постоянном хранении определенных их категорий на складах ФСЦ.

Оптимальный размер запасов каждого наименования ЗЧ был определен с учетом следующих общих принципов:

- для ЗЧ с наибольшей вероятностью отказа по причине заводского дефекта, а соответственно с наибольшей оборачиваемостью (группа 1) – включение в гарантийный комплект максимального запаса для устранения отказов в период приработки и в случае возникновения потребности при вероятном обращении в период штатной эксплуатации;
- для ЗЧ с меньшей вероятностью отказа, (группа 2) – включение в гарантийный комплект умеренного запаса и объемно-стоимостной анализ номенклатуры данной группы для оптимальной структуры поставки в период штатной эксплуатации;
- для ЗЧ с наименьшей вероятностью отказа (группа 3) – низкий или нулевой уровень запасов в ГКЗЧ и исключение из анализа планируемых обращений.

Эффективное управление запасами ГКЗЧ согласно используемой методике осуществляется путем расчета допустимого резерва на складе ФСЦ. При этом максимальный объем запасов ( $Z_{max}$ ), который может быть размещен в данном складском помещении:

$$Z_{max} = \frac{K_i \cdot V_{скл}}{K_{пр}} \quad (4)$$

где  $K_i$  - коэффициент использования объема склада в зависимости от типа складирования, %;

$V_{скл}$  - складской объем, рассчитанный как произведение складской площади на высоту складского помещения за минусом 0,5 м до выступающих конструкций потолка.

$K_{пр}$  - коэффициент приведения величины оценочной стоимости в объемные единицы, м<sup>3</sup>.

В случае с поставками ЗЧ по планируемыми обращениями клиентов пред-

лагается механизм расчета оптимального размера и времени поставок, которые должны минимизировать издержки хранения. Планирование осуществляется по каждой номенклатуре требуемой ЗЧ и в зависимости от региона ФСЦ, определение целесообразного уровня запаса сводится к выбору рациональных моментов или дат поставки и рациональных объемов пополнений, т.е. числа поставляемых ЗЧ.

Предлагаемая методика планирования поставок ЗЧ обеспечивает наименьшие суммарные затраты на хранение и на штрафы ввиду отсутствия требуемых позиций на складе. Если  $Z_{штраф} > Z_{хранение}$ , то ЗЧ включается в комплект поставки, иначе в момент отказа производится срочная поставка ЗЧ со склада центра управления сетью ФСЦ.

Для реализации вышеописанных алгоритмов и моделей, а также выработки адекватных управленческих решений для оптимизации поставок ЗЧ наиболее рациональным способом является автоматизированная система управления поставками запасных частей, интеллектуальным ядром в которой может быть имитационная модель.

Структура предлагаемой системы управления представлена на рис.5.

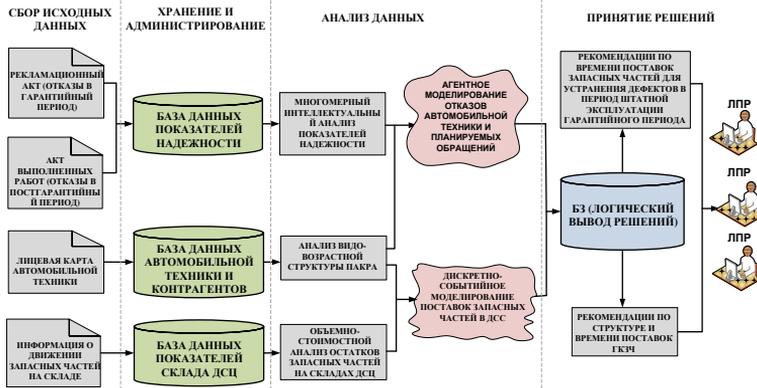


Рис. 5. Структура системы управления поставками запасных частей в сети фирменных сервисных центров за рубежом

**Третья глава** посвящена разработке программной оболочки системы управления поставками запасных частей, основу которой составляют модули сбора, хранения, формализации и многомерного анализа обращений клиентов в сервисные центры по причине отказов в гарантийный период.

Эффективная деятельность центра управления сетью ФСЦ фирмы-производителя АТ по управлению поставками ЗЧ может быть успешной, если выполняются три основных условия:

- в распоряжении центра управления имеется вся информация, необходимая для принятия оперативных и стратегических решений в условиях разви-

тия сети ФСЦ, в том числе и на зарубежных рынках;

- центр управления имеет возможность на основе этой информации принимать рациональные управленческие решения;
- центр управления имеет возможность контролировать выполнение принятых решений и их результаты и оперативно корректировать свои действия по оптимизации процессов в сети ФСЦ.

При этом должны быть решены следующие основные задачи:

- проведение электронной каталогизации и учета АТ и ЗЧ производителя;
- своевременное планирование поставок в ФСЦ автомобилей и ЗЧ, для удовлетворения потребностей клиентов;
- внедрение и сертификация системы выработки адекватных решений по управлению поставками и запасами, корректировке нормативов ФСЦ.

Для решения поставленных задач были разработаны программные модули сбора, хранения и обработки информации поступающей из сети ФСЦ ЗАО «Внешнеторговая компания «КАМАЗ». Для создания программного комплекса использовался программный продукт Borland Delphi 7. Для статистической обработки данных применялся пакет Statistica 6.

Для работы с данными использовался SQL Server 2000. Поскольку информационные базы формируются из ФСЦ, а связь с ними поддерживается через Интернет, была разработана технология обмена серверной части программных модулей с клиентской средствами передачи XML-файлов (рис.6).

Система сбора данных основана на вводе данных в клиентские части программных модулей «Лицевая карта автомобиля» и «Рекламационный акт». Файл передачи раскрывается в серверной части, данные проверяются на адекватность и качество заполнения, после чего передаются в БД.

Обмен информацией между клиентским и серверным модулем осуществляется посредством сокет-компонентов Indy (IdTCPClient и IdTCPServer) и оригинальных компонентов компании Borland (TcpClient и TcpServer). При передаче через сокет начинает работу программа-сервер, которая ждет запроса от программы-клиента. Программа-клиент запрашивает соединение у сервера, к которому требуется подключение. Когда клиент посылает запрос, сервер может принять соединение, открывая специальный сокет на стороне сервера,

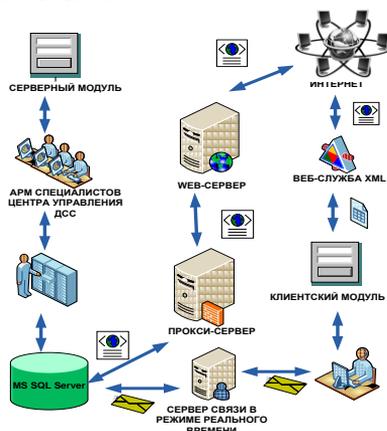


Рис. 6. Организация связи и передачи данных из ФСЦ в центр управления

который образует соединение с сокетом на стороне клиента. Посредством передачи данных формируется БД, значения полей в XML-файле распределяются по соответствующим таблицам и образуют структуру данных.

Для совершенствования учета АТ был разработан программный модуль «Лицевая карта автомобилей КАМАЗ» в ее серверной и клиентской реализации, содержащий информацию об обращениях клиентов в сервисные центры по причине отказов деталей, узлов или агрегатов АТ, которая накапливается посредством передачи рекламационных актов из региона эксплуатации.

Специалист ФСЦ заполняет клиентскую часть программного модуля «Рекламационный акт (Клиент)» и отправляет его посредством передачи XML-файла на серверный модуль. Специалист центра управления сетью ФСЦ, работая с формой «Список рекламационных актов (Сервер)», может просматривать вновь пришедшие рекламационные акты. Поступившие рекламационные акты проверяются на корректность составления. Информация из формы передается в БД, а рекламационный акт - на рассмотрение.

Для многомерного анализа информации была разработана многомерная модель данных, OLAP-куб (On-Line Analytical Processing - оперативная аналитическая обработка).

На рис.7 представлена упрощенная модель многомерного куба. В ячейках располагаются факты, относящиеся к возникновению отказов той или иной детали, узла или агрегата.

Для многомерного анализа использовались запросы на построение массивов данных, что делает его более гибким и дает возможность проводить выборку и анализ средствами разработанной программной оболочки. В качестве среды многомерного анализа показателей надежности используется программный модуль «Анализ дефектов из рекламационных актов» (рис.8), который позволяет определить вероятность отказа детали, узла или агрегата как на этапе приработки, так и на этапе штатной эксплуатации.

Для оптимизации процесса обслуживания за рубежом в гарантийный период был разработан алгоритм планирования структуры ГКЗЧ, который представлен на рис.9, а также программный модуль «Рекомендации по гарантийным комплектам», реализующий описанный алгоритм (рис.10).

Для корректировки работы модуля «Рекомендации по гарантийным комплектам» и дальнейшего проведения валидации имитационной модели был разработан программный модуль «Журнал операций прихода/расхода по складу ГЗЧ», который позволяет просматривать движение гарантийных ЗЧ на складах ДСЦ, что дает возможность оценить корректность структуры ГКЗЧ путем анализа излишков ЗЧ на складах ДСЦ.

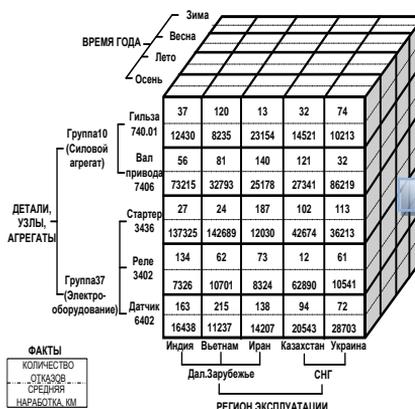


Рис. 7. Принцип организации многомерного куба анализа отказов деталей, узлов и агрегатов

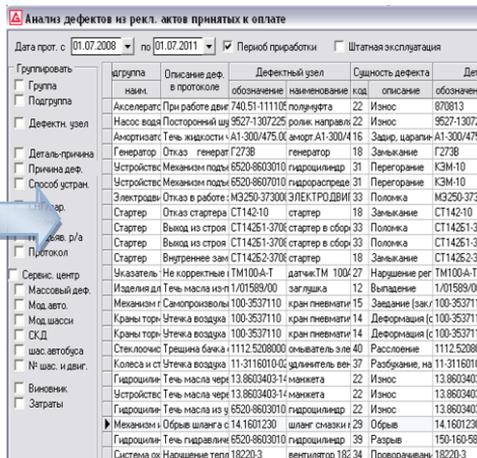


Рис. 8. Вид программного модуля «Анализ дефектов из рекламационных актов» (период приработки)

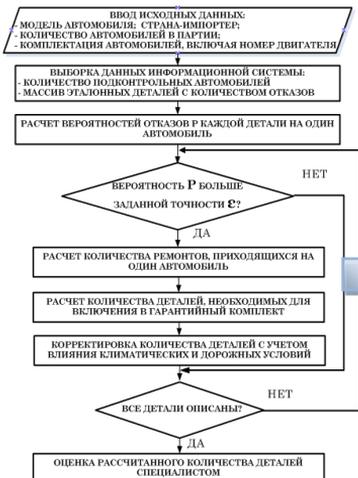


Рис. 9. Алгоритм решения задачи планирования структуры гарантийных комплектов

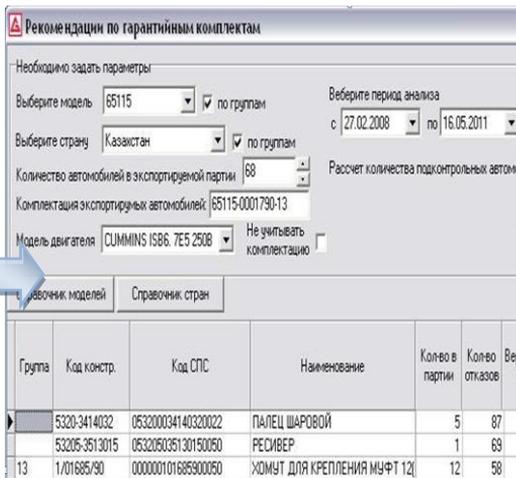


Рис. 10. Вид программного модуля «Рекомендации по гарантийным комплектам»

В четвертой главе представлена разработанная математическая модель оптимизации времени и комплектности поставок ЗЧ. Предположим, имеется пункт распределения партий ЗЧ (центр управления сетью ФСЦ). Из этого пункта необходимо распределить в  $M$  зарубежных регионов партии ЗЧ объема  $q_{ij}$  ( $i = \overline{1, N}$ ), ( $j = \overline{1, M}$ ), где  $N$ -общее количество номенклатур в партии поставок

ЗЧ. Поставки осуществляются комплектами  $i$ -го наименования ЗЧ, которые можно считать обобщенной номенклатурой.

Уровень запаса на складах ФСЦ снижается в соответствии с интенсивностью заявок на обслуживание, которые в свою очередь соответствуют значению  $\lambda_{ij}$ - интенсивности отказов  $i$ -х деталей, узлов и агрегатов в  $j$ -м регионе эксплуатации, которая служит для планирования обращений в будущем. По достижении точки реализации поставки партий  $\tau$ , зависящей от удаленности  $j$ -го региона эксплуатации от центра управления сетью ФСЦ, или достижения запаса  $k_{ij}$  на складах ФСЦ значения неснижаемого запаса  $S_{ij}$   $i$ -й номенклатуры, осуществляется поставка в объеме  $q_{ij}$  с наименьшими затратами  $g_{ij}$ . В условиях случайного спроса вместо показателя периодичности поставок используется общее число поставок  $B$  за период (год).

При минимизации расходов затраты на хранение и штрафы исчисляются по ожидаемому остатку (дефициту) к концу периода. Штраф определяется вероятностью недостачи. ФСЦ несет расходы  $h_{ij}$  по хранению находящихся на складе ЗЧ  $i$ -го наименования за весь период и доставке объема партии  $g_{ij}$ .

Заявки на обслуживание удовлетворяются до тех пор, пока их суммарный объем (с начала планируемого периода) не превысит начального запаса. Все последующие требования не могут быть обслужены тотчас же, что приводит к упущенной выгоде клиента и относится на счет ФСЦ – в виде штрафа за дефицит, куда входит превышение стоимости экстренной поставки над обычной и процент на «замороженные» в ФСЦ вследствие дефицита оборотные средства.

$$d = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left( \frac{\lambda_{ij} B^2}{2g_{ij}} - \frac{1}{h_{ij}} \right) \quad (5)$$

Требуется так выбрать время, объем и структуру поставок партий ЗЧ, чтобы суммарные затраты были минимальными. При этом максимальный запас не должен превышать вместимости склада, а его стоимость - заданной суммы. Целевая функция будет иметь вид:

$$Z = (\tau - t_n) \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \lambda_{ij} \cdot h_{ij} \cdot k_{ij} + B \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M g_{ij} \cdot q_{ij} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M d_{ij} \cdot (S_{ij} + q_{ij}) \cdot p_{ij} \rightarrow \min \quad (6)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M h_{ij} - d_{ij} \sum_{i=S+1}^{\infty} p_i \geq 0, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M d_{ij} \sum_{i=S}^{\infty} p_i - h_{ij} \geq 0, \quad (8)$$

Поставка должна осуществляться в момент времени:

$$\tau_j = \sum_{i=1}^N \left( \left( \frac{q_{ij} + S_{ij}}{\lambda_{ij}} - t_n \right) + g_{ij} \cdot B \right) \quad (9)$$

Показателем эффективности служит среднее время простоя клиентов в ожидании ЗЧ:

$$\nu_j = \sum_{i=1}^N \rho_{ij} / \Lambda_j, \quad (10)$$

где  $\rho_{ij}$  – среднее число заявок на замену неисправной  $i$ -й детали в ДСЦ  $j$ -го региона;

$$\Lambda_j = \sum_{i=1}^N \lambda_{ij} - \text{суммарная интенсивность потока обслуженных заявок.}$$

Ввиду большого числа действующих на систему стохастических факторов предпочтительным вариантом для проведения исследований является имитационная модель (ИМ). Для реализации ИМ был выбран прикладной пакет AnyLogic. Управление поставками ЗЧ в сети ФСЦ является многоподходной моделью, объединяющей в себе дискретно-событийную и агентную модели. В качестве агента в модели выступает единица АТ КАМАЗ, определенной комплектации и модификации, эксплуатируемая в заданном регионе, реализованная с использованием карты состояний (стейтчарта). Для передачи модельных потоков из дискретно-событийной модели в агентную применялся алгоритм синхронизации. Для анализа адекватности ИМ выполнялась ее верификация и валидация. Процедура верификации проводилась на стадии написания программного кода, а валидация предполагала проверку соответствия между поведением ИМ и исследуемой реальной системы, для чего был выбран ФСЦ «VentAuto-KAMAZ» расположенный в регионе Куба, с заранее известной видо-возрастной структурой парка и динамикой обращений в ФСЦ.

Анализ деятельности реальной системы проводился на основе программных модулей «Рекомендации по гарантийным комплектам» и «Журнал операций прихода/расхода по складу ГЗЧ», с учетом данных по поставкам партий ЗЧ на этапе штатной эксплуатации гарантийного периода. Отклонения расчетных значений остатков ЗЧ на складе ФСЦ по каждой группе на конец гарантийного периода обслуживания заданной партии АТ  $s_{mi}$  от значений реального остатка на складе, рассчитанного в программном модуле «Журнал операций прихода/расхода по складу ГЗЧ»  $s_{ri}$  обрабатывались по стандартному алгоритму статистического анализа.

Расчеты показали, что ИМ достаточно адекватно отражает реальный процесс организации поставок: погрешность моделирования для каждой из групп ЗЧ составляет менее 5 %, что является допустимым в теории моделирования.

Эффективность организации поставок ЗЧ определялась на основе показателя «Общие затраты на организацию поставок ЗЧ для обеспечения беспере-

бойного обслуживания в гарантийный период». В качестве целевой функции была выбрана величина общих затрат на организацию поставки и хранения ЗЧ на складах ФСЦ. К факторам, влияющим на данный показатель эффективности, отнесены следующие:  $X_1$  – период досрочной поставки ЗЧ на этапе штатной эксплуатации гарантийного периода;  $X_2$  – оптимальный объем поставляемых партии;  $X_3$  – стоимость ГКЗЧ по отношению к партии поставляемой АТ;  $X_4$  – площадь склада ФСЦ;  $X_5$  – значение неснижаемого запаса по каждой группе ЗЧ;  $X_6$  – способ доставки;  $X_7$  – количество постов обслуживания в ФСЦ;  $X_8$  – соотношение количества ЗЧ каждой группы к общему количеству (коэффициент группировки).

По ожидаемой степени влияния на показатель эффективности методом ранжирования были определены наиболее значимые факторы:  $X_1$  ( $X_1^*$ ) (период досрочной поставки ЗЧ на этапе штатной эксплуатации гарантийного периода),  $X_8$  ( $X_2^*$ ) (соотношение ЗЧ каждой группы к общему количеству в партии),  $X_5$  ( $X_3^*$ ) (значение неснижаемого запаса по каждой группе ЗЧ),  $X_2$  ( $X_4^*$ ) (оптимальный объем поставляемой партии).

Задача оптимального управления:

$$Z(X_1, X_2, X_3, X_4) = Z_1 + Z_2 + Z_3 \rightarrow \min \quad (11)$$

где  $Z_1$  – затраты на хранение ЗЧ на складе ДСЦ

$$Z_1 = 1/2 \cdot B \cdot (\tau - X_1) \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \lambda_{ij} \cdot h_{ij} \cdot (X_2 \cdot X_3), \quad (12)$$

где  $X_1 = t_n$  – точка поставки партии ЗЧ;

$X_2 \cdot X_3 = k_{ij}$  – излишки на складах по каждой  $i$ -позиции ЗЧ.

$Z_2$  – затраты связанные с доставкой партий ЗЧ на склад ДСЦ

$$Z_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M g_{ij} \cdot X_2 \cdot X_4, \quad (13)$$

где  $X_2 \cdot X_4 = q_{ij}$  – объем партии поставки  $i$ -х позиций ЗЧ в  $j$ -й регион эксплуатации.

$Z_3$  – стоимость штрафа за отсутствие необходимых позиций ЗЧ на складе ДСЦ (затраты на организацию срочной поставки)

$$Z_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M d_{ij} \cdot (X_3 + X_2 \cdot X_4) \cdot p_{ij}, \quad (14)$$

где  $X_3 = S_{ij}$  – минимальный запас  $i$ -х ЗЧ на складе ДСЦ  $j$ -го региона эксплуатации;

Для каждого из факторов были определены граничные значения (диапазоны изменения факторов), в совокупности задающие область определения функции.

Для обеспечения точности результатов экспериментов оптимизация проводилась двумя способами: с использованием планов полного факторного

эксперимента (ПФЭ) и с помощью эволюционного оптимизатора OptQuest, встроенного в программный продукт AnyLogic и разработанного на основе метаэвристик рассеянного поиска и поиска «табу».

Значения целевой функции при проведении серии экспериментов на основе плана полнофакторного эксперимента показаны на рис.11 и в табл. 1.

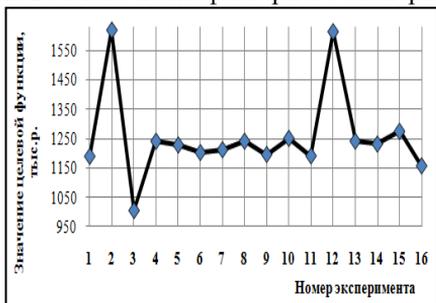


Рис. 11. Значения целевой функции в результате выполнения экспериментов

При использовании встроенного в пакет AnyLogic оптимизатора OptQuest было проведено 399 экспериментов на ИМ (рис.12 и табл. 2).

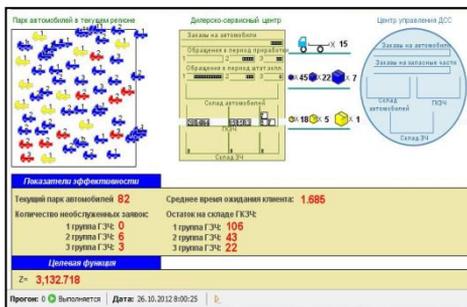


Рис. 12. Реализация оптимизационного эксперимента с помощью OptQuest

Минимальное значение целевой функции при первом варианте оптимизации превышает минимальное значение функции отклика, полученной с помощью оптимизатора OptQuest. Поэтому наиболее эффективным является второй метод оптимизации, с помощью которого получено следующее решение для рассматриваемого региона:

- период досрочной поставки ЗЧ на этапе штатной эксплуатации 77 дн. ( $X_1$ );
- соотношение ЗЧ к общему количеству в партии по группе 1 ЗЧ принимается равным 80%, по группе 2 – 15%, по группе 3 – 5% ( $X_2$ );

Таблица 1

Результаты выполнения экспериментов на имитационной модели (ПФЭ)

| № экспр. | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $Y$        |
|----------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 1        | 70    | 0,05  | 100   | 740   | 1189180,00 |
| 2        | 85    | 0,05  | 100   | 740   | 1620108,00 |
| 3        | 70    | 0,8   | 100   | 740   | 1004157,00 |
| 4        | 70    | 0,05  | 180   | 740   | 1240604,00 |
| 5        | 70    | 0,05  | 100   | 800   | 1227748,00 |
| 6        | 85    | 0,8   | 100   | 740   | 1202036,00 |
| 7        | 85    | 0,05  | 180   | 740   | 1211678,00 |
| 8        | 85    | 0,05  | 100   | 800   | 1240604,00 |
| 9        | 70    | 0,8   | 180   | 740   | 1195608,00 |
| 10       | 70    | 0,8   | 100   | 800   | 1250246,00 |
| 11       | 70    | 0,05  | 180   | 800   | 1190787,00 |
| 12       | 85    | 0,8   | 180   | 740   | 1615068,00 |
| 13       | 85    | 0,8   | 100   | 800   | 1240604,00 |
| 14       | 85    | 0,05  | 180   | 800   | 1230962,00 |
| 15       | 70    | 0,8   | 180   | 800   | 1274351,00 |
| 16       | 85    | 0,8   | 180   | 800   | 1156442,00 |

Таблица 2

Результаты выполнения экспериментов на имитационной модели (OptQuest)

| № эксп. | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $Y$        |
|---------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 1       | 70    | 0,35  | 122   | 756   | 1023160,00 |
| 2       | 78    | 0,21  | 176   | 811   | 1241100,00 |
| 3       | 70    | 0,8   | 100   | 740   | 1004157,00 |
| 4       | 74    | 0,44  | 153   | 784   | 990304,00  |
| 5       | 79    | 0,67  | 156   | 782   | 1037772,00 |
| 6       | 83    | 0,7   | 159   | 741   | 973037,00  |
| 7       | 79    | 0,32  | 171   | 799   | 1201580,00 |
| 8       | 85    | 0,59  | 102   | 792   | 949804,00  |
| 9       | 71    | 0,62  | 169   | 757   | 995752,00  |
| ...     | ...   | ...   | ...   | ...   | ...        |
| 67      | 74    | 0,75  | 152   | 778   | 1099659,00 |
| 68      | 77    | 0,8   | 116   | 740   | 893333,40  |
| ...     | ...   | ...   | ...   | ...   | ...        |
| 397     | 82    | 0,76  | 143   | 799   | 940722,00  |
| 398     | 76    | 0,54  | 152   | 765   | 979951,00  |
| 399     | 79    | 0,61  | 179   | 800   | 935114,00  |

- значение неснижаемого запаса по группе 1 ЗЧ принимается равным 116 ед., по группе 2 – 48 ед., по группе 3 – 20 ед. ( $X_3$ ).
- оптимальный объем поставляемой партии - 740 ед. ( $X_4$ )

Для интерпретации результатов моделирования с целью принятия адекватных управленческих решений была разработана база знаний (БЗ), благодаря которой задачи, могут решаться в предлагаемой системе управления поставками запасных частей без участия эксперта. Была выбрана производственная модель БЗ, представляющая собой набор определенных правил. Для управления перебором правил применялся механизм вывода.

В БЗ заносятся те решения с соответствующими наборами параметров, которые при использовании показали хорошие результаты. В последующем их можно использовать для выработки рекомендаций, что реализовано в предлагаемой системе средствами модуля «Рекомендации по формированию партий запасных частей».

**В пятой главе** выполнен анализ рисков, возникающих вследствие незащищенности информационных и аппаратных ресурсов проблемно-ориентированной системы управления поставками запасных частей. Выявлены причины возможных угроз и уязвимостей.

Поскольку качество управления поставками зависит от качества информации, передаваемой из ФСЦ, нарушение целостности или потеря части данных в предлагаемой системе может привести к некорректному определению показателя интенсивности отказов  $\lambda$ . Это, в свою очередь, приведет к значительным потерям ввиду некорректности разработанного плана поставок, поскольку:

- возрастут затраты на хранение;
- появится потребность в организации срочных поставок;
- увеличится время обслуживания и штрафы за отсутствие требуемых запасных частей.

Управление информационными рисками предполагает выявление возможных причин возникновения рисков ситуаций и выработку мер по их недопущению.

Основной целью управления информационными рисками разработанной системы является минимизация общих расходов на создание системы выявления рисков ситуаций и принятие контрмер в случае возникновения рисков событий. Искомый теоретический минимум общих расходов будет достигаться при равенстве затрат на противодействие информационным рискам и величины ущерба. Необходимо рассчитать относительный показатель эффективности предлагаемых противодействий информационным угрозам, который назовем приведенными полными расходами на управление информационными рисками  $C_{oc}$ . Тогда приведенные полные затраты на управление информационными рисками определяются следующим образом:

$$C_{oc} = \frac{C_f}{C_e}, \quad (15)$$

где  $C_f$  – полные годовые расходы на управление информационными рисками системы управления,  $C_e$  – показатель эффективности функционирования ЦС и центра управления. В качестве показателя эффективности функционирования используются: средние затраты на хранение запасных частей по каждому ФСЦ, среднее время ожидания клиентами запасных частей, остатки на складах ФСЦ по истечении гарантийного периода, суммарные затраты, связанные с организацией поставок запасных частей.

Расходы на управление рисками, связанными с нарушением работы одного из элементов системы в условиях используемой стратегии предотвращения информационных рисков могут быть рассчитаны следующим образом:

$$c_i = v_i + p_i u_i, \quad (16)$$

где  $p_i$  - вероятность  $i$ -го риска;

$u_i$  - ожидаемая величина ущерба в денежном исчислении при наступлении  $i$ -го риска;

$v_i$  - затраты на предотвращение  $i$ -го информационного риска.

Для анализа защищенности информационных ресурсов предлагаемой системы, расчета затрат на поддержание ее безопасности была использована комплексная система управления рисками «ГРИФ», разработанная компанией «Digital Security», которая позволяет выбрать оптимальную стратегию защиты информации в рамках отдельных бизнес-процессов или всей компании в целом. Система предоставляет возможность проведения анализа рисков системы управления при помощи модели информационных потоков или модели угроз и уязвимостей.

При работе с моделью информационных потоков, на первом этапе в систему была внесена полная информация обо всех ресурсах с ценной информацией, о пользователях, имеющих доступ к этим ресурсам, о видах и правах доступа. Были занесены данные обо всех средствах защиты каждого ресурса, сетевые взаимосвязи ресурсов, а также характеристики политики безопасности компании.

Далее проводился анализ угроз и уязвимостей элементов системы управления и способов повышения информационной безопасности по следующему алгоритму:

1. Анализ уровня защищенности всех ценных ресурсов ФСЦ и центра управления ФСЦ автомобилестроительного предприятия, который показал, что в целом уровень риска случайной потери, искажения, преднамеренной порчи и удаления, а также кражи информации составляет 53,1 %.

2. Оценка возможного ущерба, который понесут ФСЦ и центр управления сетью ФСЦ в результате реализации угроз информационной безопасно-

сти. Общее значения уровня ущерба разработанной системы по расчетам составило 88%. Такое значение показателя свидетельствует о том, что в случае реализации угроз качество аналитического аппарата системы управления может быть сведено к нулю.

3. Для снижения ущерба в случае наступления рискованного события были предложены механизмы (контрмеры), общие затраты на реализацию которых составят 145 070 руб.

Таким образом, обозначенные контрмеры обеспечат рост уровня показателя защищенности системы до 97%, что является допустимым. Общие затраты на управление всеми значимыми информационными рисками составят 145 070 рублей, что является частью расходов на разработку и внедрение системы управления поставками ЗЧ.

Была определена эффективность от внедрения предлагаемой системы управления поставками ЗЧ в сети ФС автомобилестроительного предприятия, которая включает:

- сокращение объема совокупных запасов на складах ФСЦ, что значительно снижает затраты на их хранение;
- сокращение упущенной выгоды клиентов ввиду простоев автомобилей в ожидании обслуживания из-за отсутствия ЗЧ, что повышает лояльность клиентов и повышает эффективность работы оборудования и персонала;
- снижение расходов на срочную поставку в связи с улучшением качества прогноза и сокращением случаев отсутствия запасных частей на складах ФСЦ;
- повышение качества и адекватности принимаемых управленческих решений за счет повышения качества информации.

Расчет ожидаемой экономической эффективности от внедрения предлагаемой системы показал, что возможно сокращение потерь клиентов в среднем по каждой заявке на 1 612,5 руб. Сокращение расходов центра управления сетью ФСЦ автомобилестроительного предприятий на обслуживание одной заявки может достигнуть 1 286 руб.

### **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

1. Разработана методика оптимизации поставок запасных частей в сети фирменного сервиса автомобилестроительного предприятия за рубежом, в основе которой лежит предположение о том, что потребность сервисных центров в запасных частях определяется надежностью деталей узлов и агрегатов на каждом этапе эксплуатации автомобиля, зависящей от дефектов производителя, условий и интенсивности эксплуатации, а также видо-возрастной структуры парка и определяемой таким показателем как наработка до отказа.

2. Выполнена программная реализация проблемно-ориентированной системы для повышения оперативности и качества учета отказов на этапах приработки и штатной эксплуатации гарантийного периода, обработки статистической информации по обращениям в фирменные сервисные центры.

3. Разработан алгоритм и выполнена программная реализация расчета структуры гарантийных комплектов запасных частей, а также периода обращений клиентов по причине отказов деталей, узлов или агрегатов на этапе штатной эксплуатации.

4. Разработана имитационная модель системы управления поставками запасных частей для нахождения такого оптимального плана их организации, при котором время ожидания клиентами ремонта и затраты на организацию поставок с учетом запасов на складах фирменных сервисных центров будут минимальными.

5. Разработан алгоритм выработки рекомендаций по управлению поставками запасных частей в сети фирменного сервиса за рубежом для организации бесперебойной работы фирменных сервисных центров и повышения качества выполнения гарантийных обязательств путем оптимизации общих затрат и времени обслуживания на основе компьютерного эксперимента на имитационной модели.

6. Разработанная проблемно-ориентированная система позволяет сократить среднее время простоя клиентов в ожидании запасных частей в условиях эксплуатации за рубежом в 2,5 раза, а также число операций обработки данных по обращениям клиентов в случае отказа детали, узла или агрегата, т.е. увеличить быстродействие процесса принятия решений в области управления надежностью автомобилей на стадии гарантийного обслуживания.

### **ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Положения и результаты диссертации опубликованы в 15 печатных работах. Основные из них:

#### *В изданиях по перечню ВАК:*

1. Хабибуллин, Р. Г. Автоматизация составления структуры гарантийных комплектов запасных частей / Р. Г Хабибуллин, И. В. Макарова, А. И. Беляев, Э. И. Беляев, Р. А. Козадаев // журнал «Автомобильная промышленность». - М.: «Научно техническое издательство «Машиностроение». - 2011. - №3. –С. 19 - 20.

2. Хабибуллин, Р. Г. Реализация механизма обратной связи при управлении поставками в системе фирменного сервиса автомобилей / Р. Г Хабибуллин, И. В. Макарова, Э. И. Беляев, П. А. Буйвол, Р. А. Козадаев // журнал «Перспективы науки». – Тамбов: МОО «Фонд развития науки и культуры». - 2011. – №1(16). – С. 77 - 81.

3. Хабибуллин, Р.Г. Совершенствование процесса поставок запасных частей в системе фирменного сервиса путем оптимизации стратегии взаимодействия с контрагентами / Р. Г Хабибуллин, И. В. Макарова, Э. И. Беляев, П. А. Буйвол // Транспорт: наука, техника, управление. Москва, 2011. № 11. – С. 40-44.

#### *В прочих изданиях:*

4. Хабибуллин, Р. Г. Совершенствование системы выполнения гарантийных обязательств за рубежом на основе анализа дефектов узлов автомобилей КАМАЗ: материалы международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2009» / Хабибуллин Р. Г., Макарова И. В., Беляев А. И., Беляев Э. И., Сираев Р. З. – Мурманск: МГТУ, 2009. С. 848-849.

5. Беляев Э.И. Разработка программного модуля эталонной записи деталей: тезисы докладов XVIII международной студенческой школы-семинара «Новые информационные технологии» / *Беляев Э.И.*, Беляев А.И. – М.:МИЭМ, 2010. – С. 233-234.

6. Хабибуллин, Р. Г. Управление процессом поставок запасных частей в системе фирменного сервиса на зарубежных рынках: материалы XVIII международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам. / Хабибуллин Р. Г., Макарова И. В., *Беляев Э. И.*, Черемин А. А. – г. Алушта. – М. МАИ-ПРИНТ. 2011. – С. 121-123.

7. Хабибуллин, Р. Г. Разработка проблемно-ориентированной системы управления для оптимизации поставок запасных частей: материалы научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, промышленности и образовании» / Хабибуллин Р. Г., Макарова И. В., *Беляев Э. И.* – г.Ижевск: ИжГТУ, 2011. – С. 57-64.

8. Khabibullin R.G. Dealer-service center competitiveness increase using modern management methods. III International Scientific Conference “Transport Problem 2011” / Khabibullin R.G., Makarova I.V., Belyaev A.I., *Belyaev E.I.* - Poland – Silesian University of Technology Faculty of Transport, 2011. – 240-246 p.

9. Хабибуллин, Р. Г. Разработка имитационной модели управления поставками запасных частей в условиях развития системы фирменного сервиса автомобильной техники на зарубежных рынках / Р. Г Хабибуллин, И. В. Макарова, А. И. Беляев, *Э. И. Беляев* // Научный журнал «Вестник Восточноукраинского национального университета им. Владимира Даля»– Украина, г.Луганск: ВНУ им. Даля, 2011. – Ч.1. – с. 125-132.

10. Хабибуллин, Р. Г. Имитационная модель системы поставок запасных частей как средство управления системой фирменного обслуживания автомобилей в условиях эксплуатации за рубежом: материалы V всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика». / Р. Г Хабибуллин, И. В. Макарова, А. И. Беляев, *Э. И. Беляев* – СПб.: ОАО ЦТСС, 2011. – С.159-164.

*Авторские свидетельства:*

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа для структуризации списка деталей» №2010617426 от 10.11.2010 г. / Р. Г Хабибуллин, И. В. Макарова, А. И. Беляев, *Э. И. Беляев*, Р. А. Козадаев.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Прогресс-Гаркомплект» №2010617427 от 10.11.2010 г./ Р. Г Хабибуллин, И. В. Макарова, А. И. Беляев, *Э. И. Беляев*, Р. А. Козадаев.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Анализ движения запасных частей» №2011615384 от 12.05.2011 г./ Р. Г Хабибуллин, И. В. Макарова, *Э. И. Беляев*, П. А. Буйвол.

Подписано в печать 08.02.2012 г.

Формат 60x84/16 Бумага офсетная Печать ризографическая

Уч.-изд.л. 1,5 Усл.-печ.л. 1,5 Тираж 100 экз.

Заказ 2128

Издательско-полиграфический центр

Камской государственной инженерно-экономической академии  
423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19

тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: ic@ineka.ru