На правах рукописи

Верительник Евгений Анатольевич

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Орел – 2019

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Научный руководитель	**Таращанский Марк Танкумович,** кандидат технических наук, доцент
Официальные оппоненты:	**Герами Виктория Дарабовна,** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления логистической инфраструктурой ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва
	Бугримов Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Наземные транспортные средства» ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва
Ведущая организация	ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технческий университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

Защита состоится **«16» января 2020 г. в 14.00 часов** на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.111.03 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук на базе ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по адресу: **302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77.**

С диссертацией можно ознакомиться на официальном сайте (http://www.oreluniver.ru/) ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» и в фундаментальной библиотеке университета.

Автореферат разослан **«___» _____ 2019 г.** Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (http://www.oreluniver.ru) и на официальном сайте Министерства образования и науки Российской Федерации (http://vak.ed.gov.ru/).

Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, направлять в диссертационный совет по адресу: 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95.

Телефон для справок +7(905)856-65-56. E-mail: srmostu@mail.ru.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 999.111.03 А.Н. Новиков

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одной из основных задач для автотранспортных предприятий является поддержание подвижного состава в работоспособном состоянии при минимальном времени нахождения автомобиля в ремонте. Для этого необходимо обеспечить на складе автопредприятия необходимое количество требуемых запасных частей для узлов и агрегатов автомобилей. Это особенно важно для автомобилей, осуществляющих дальние и международные перевозки, так как ремонт таких автомобилей необходимо планировать заранее, к моменту их возвращения из рейса. Однако в условиях ограниченности оборотных средств и при дороговизне запасных частей предприятиям приходится формировать складской фонд запасных частей и закупать запасные части, опираясь на опыт предыдущей эксплуатации и интуицию.

В реальных условиях эксплуатации парка подвижного состава, выход из строя деталей, узлов и агрегатов автомобилей происходит случайным образом. Как показывает опыт эксплуатации зарубежных автомобилей в условиях стран СНГ с учетом климатических и дорожно-эксплуатационных особенностей, ресурс деталей, узлов и агрегатов отличается от заявленных производителями.

В связи с этим для обеспечения эффективной работы автопредприятия, следует обеспечить необходимое количество и номенклатуру запасных частей на складе автопредприятия с учетом ограниченности финансовых средств. При этом необходимо учитывать случайный характер выхода из строя деталей, узлов и агрегатов грузовых автомобилей, что не дает возможности определять потребность в запасных частях известными методами.

Таким образом, совершенствование материально-технического снабжения автопредприятий запасными частями является актуальной темой исследования.

Степень разработанности темы исследования. В работах В.А. Корчагина, О.Н. Дидманидзе, А.С. Гришина, Д.И. Нуретдинова, В.Я. Анилович, К.Я. Несвитского, М.Ю. Гамбаль, Д.К. Сысоева, С.М. Продащука, А.П. Кравченко, Р.Г. Жигарева и Т.Е. Корниец разработаны теоретические основы определения количества запасных частей для транспортных машин.

Вопросы управления материальными ресурсами на автотранспортных предприятиях, формирования склада запасных частей с учетом различных факторов рассмотрены в работах В.В. Варнакова, А.Н. Ременцова, Д.В. Дорошкевича, А.Г. Семенова, А.В. Агафонова, И.В. Гамазина, А.П. Кравченко, Е.А. Лебедева, В.Н. Варфоломеева, Д.А. Левчук, Н.В. Патаман, А.В. Бажинова, Р.Г. Хабибуллина.

Анализ работ указанных авторов показывает, что при решении задачи повышения эффективности работы автотранспортных предприятий, недостаточно учитывается влияние организации складского хозяйства, связанного с реальными условиями заказа, доставки, количества и номенклатуры запасных частей. Также, при организации эффективного управления материально-техническим снабжением АТП, необходимо учитывать состояние

парка подвижного состава автопредприятия, исходя из принятых величин технико-экономических показателей.

Таким образом, состояние складского хозяйства и соответствие планируемым значениям технико-экономических показателей парка подвижного состава существенным образом влияет на эффективность работы автотранспортного предприятия.

Целью исследования является повышение эффективности работы автотранспортных предприятий грузовых автомобилей путем определения необходимого количества и номенклатуры запасных частей, закупаемых на склад предприятия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **основные задачи**:

1. Проанализировать существующие методики определения потребностей в запасных частях грузовых автомобилей в современных условиях эксплуатации грузового автотранспорта. На основании анализа предложить комплексный критерий формирования склада запасных частей автопредприятия.
2. Провести статистический анализ замен составляющих узлов и агрегатов грузовых автомобилей с целью получения вероятностных характеристик выполненных замен запасных частей, позволяющих прогнозировать количество хранимых запасных частей.
3. Определить параметры работы склада и степень их влияния на эффективность работы автотранспортного предприятия.
4. Определить критерии выбора типов запасных частей для хранения на складе с целью максимизации коэффициента готовности парка автопредприятия.
5. Разработать методику оптимизации склада запасных частей грузовых автомобилей с учетом случайно изменяющейся потребности в деталях и узлах, для повышения эффективности использования парка подвижного состава автопредприятия.
6. Разработать программный продукт, определяющий количество и номенклатуру закупаемых и хранимых запасных частей на складе автопредприятия.
7. Провести натурный эксперимент с использованием предлагаемой методики формирования склада запасных частей и выполнить сравнительный анализ эффективности работы предприятия до и после внедрения предлагаемой методики.

Объект исследования: процесс использования запасных частей на автотранспортных предприятиях при эксплуатации грузовых автомобилей.

Предмет исследования: закономерности изменения потребностей в запасных частях грузовых автомобилей при случайных ситуациях выхода из строя узлов и агрегатов грузовых автомобилей.

Рабочая гипотеза, заложенная в основу диссертационного исследования, основана на предположении о том, что эффективность работы автотранспортных предприятий может быть повышена при формировании склада запасных частей

на основании критерия, учитывающего вероятность отказа и время доставки запасных частей.

Научная новизна полученных результатов:

– разработан новый критерий целесообразности хранения запасных частей на складе автотранспортного предприятия, который в отличие от существующих, учитывает время доставки и время замены запасных частей, вследствие чего увеличивается коэффициент технической готовности подвижного состава и сокращается расход оборотных средств предприятия;

– разработана новая методика определения потребности в запасных частях автотранспортного предприятия, основанная на анализе данных об использовании запасных частей, с учетом сроков их доставки и времени замены, и позволяющая сократить количество хранимых на складе запасных частей при сохранении требуемого значения коэффициента технической готовности;

– получены и систематизированы закономерности использования запасных частей, узлов и агрегатов грузовых автомобилей марок Mercedes-Benz 1844 LS и Volvo FH 1242 в условиях эксплуатации в странах СНГ;

– впервые получено описание зависимости влияния продолжительности простоя автомобиля в ожидании запасных частей на коэффициент технической готовности подвижного состава автопредприятия.

Теоретическая и практическая значимость работы. Применение разработанной методики позволяет повысить коэффициент технической готовности предприятия за счет определения необходимого количества и номенклатуры закупаемых запасных частей, в результате чего снижаются эксплуатационные расходы автопредприятия (затраты на закупку запасных частей). Благодаря формированию склада согласно предлагаемой методике, время текущего ремонта сокращается в среднем на 10%, за счет уменьшения времени ожидания отсутствующих запасных частей.

Использование разработанной методики и программного обеспечения позволяет сформировать склад запасных частей автотранспортных предприятий с учетом ограниченности финансовых средств на закупку запасных частей.

Программное обеспечение позволяет автоматизировать работу главного механика и сотрудников отдела материально-технического снабжения при принятии решений по формированию заказа запасных частей на определенный период при ограничении денежных средств.

Методы исследований. Теоретико-методической основой исследования явились: теория вероятностей и математическая статистика, математическое моделирование, натурное наблюдение, а также системный подход к управлению запасами.

На защиту выносятся следующие положения:

– результаты статистического исследования замен составляющих узлов и агрегатов грузовых автомобилей на автотранспортных предприятиях;

– результаты теоретического обоснования зависимости коэффициента технической готовности парка автомобилей от времени доставки запасных частей, в случае их отсутствия на складе предприятия;

– модель оптимизации склада запасных частей с учетом финансовых ограничений и обеспечением требуемого коэффициента технической готовности автопарка;

− методика расчета количества и номенклатуры запасных частей, обеспечивающая минимизацию времени простоя автомобилей в ремонте;

− результаты апробации предложенной методики расчета количества и номенклатуры запасных частей для автотранспортных предприятий;

– программное обеспечение для управления складом автотранспортного предприятия.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на следующих научно-технических конференциях: XVI-й Международной научно-технической конференции «Автомобильный транспорт: Проблемы и перспективы» (16-21 сентября 2013 г., г. Севастополь); V-й Международной научно-практической конференции «Проблемы развития транспортных систем и логистики» (5-8 мая 2014 г., г. Луганск); XX-й Научно-технической конференции с международным участием «Транспорт, экология - устойчивое развитие» (15 - 17 мая 2014 г., г. Варна); XVII-й Международной научно-технической конференции ««Автомобильный транспорт: Проблемы и перспективы» (8-14 сентября 2014 г., г. Севастополь); XIII-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике» (29 апреля 2015 г., г. Минск); XXI-й Научно-технической конференции с международным участием «Транспорт, экология – устойчивое развитие» (14-16 мая 2015 г., г. Варна); IX-й Международной научно-практической конференции «Экономические, экологические и социальные проблемы промышленных регионов» (23 мая 2018 г., г. Краснодон); V-й Международной научно-практической интернет-конференции «Технологии, материалы, транспорт и логистика: перспективы развития - TMTL’ 19» (24 апреля 2019 г., г. Луганск); V-й Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» (22-23 мая 2019 г., г. Орел).

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.

Выполненные исследования отвечают паспорту научной специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта» по пункту 2 «Оптимизация планирования, организация и управление перевозками пассажиров и грузов, технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей, использование программно-целевых и логистических принципов» и пункту 19 «Методы ресурсосбережения в автотранспортном комплексе».

Реализация результатов работы.

Результаты работы внедрены на автотранспортных предприятиях ПП «Краснодонская автобаза» г. Краснодон (акт внедрения от 28.12.2018 г.) и АТП ФЛП Дьяченко, г. Краснодон (акт внедрения 30.01.2019 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 печатных работ, в том числе 4 – в изданиях входящих в «Перечень рецензируемых российских научных журналов», рекомендованных ВАК Министерства и высшего

образования Российской Федерации, 8 – в зарубежных изданиях, подана заявка на свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 123 использованных источников и 9 приложений. Работа включает 147 страниц основного текста, 31 таблицу и 36 рисунков.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность данной темы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, обозначены предмет, объект и методы исследования, указана научная новизна, положения, выносимые на защиту, раскрыто научное, теоретическое и практическое значение полученных результатов и приведены данные об их внедрении и апробации.

В первой главе проведен анализ подходов к решению задачи совершенствования методов определения потребности в запасных частях для эффективного управления автотранспортными предприятиями. Методики на основе норм расхода запасных частей не обеспечивают эффективной работы предприятия в связи с высокими расходами на закупку полного перечня запасных частей. Методики, основанные на определении фактического технического состояния, не учитывают финансовые возможности предприятия, а методики, основанные на управлении запасами, не могут обеспечить максимальную работоспособность подвижного состава.

Рассмотрены основные показатели эффективности работы складов. Определено, что основные используемые показатели не учитывают особенности работы автотранспортных предприятий и не позволяют оценить влияние работы склада на эффективность использования подвижного состава. Отсутствие на складе необходимой запасной части в момент ремонта автомобиля является важным фактором, определяющим значение качественных показателей работы автотранспортного предприятия.

Анализ существующих методов показал, что при формировании склада запасных частей предприятия не всегда учитывается влияние сроков доставки запасных частей на время простоя автомобиля в ремонте. В связи с тем, что сроки могут колебаться от одного дня до нескольких недель, в зависимости от наименования, это влияние может быть значительным.

Рассмотрены основные показатели эффективности работы автотранспортного предприятия. Установлено, что наиболее точно оценить влияние увеличения продолжительности простоя автомобилей в ремонте из-за отсутствия запасных частей на эффективность работы предприятия можно при помощи коэффициента технической готовности.

Во второй главе выполнено статистическое исследование отказов и проведенных замен деталей грузовых автомобилей-тягачей.

Обследование включало 160 автомобилей-тягачей MERCEDES-BENZ 1844 ACTROS LS и 105 автомобилей VOLVO FH 1242 2009 и 2012 гг. выпуска в составе автопоездов с полуприцепами SCHMITZ и KRONE. Данные о заменах

деталей собирались с начала эксплуатации. За период с 2009 по 2016 гг. средний пробег автопоездов составил около 700 тыс. км. Эксплуатировались автопоезда на дорогах I-й и II-й категории условий эксплуатации. Были собраны данные по устранениям отказов и неисправностей контрольных групп автомобилей по агрегатам, узлам, механизмам и системам. На основании этих данных построены диаграммы распределения замен по пробегу.

Для построения статистических характеристик выполненных замен деталей информация по наработкам (пробегам) разбивалась на интервалы с определением наибольшего и наименьшего значения показателя, опытной вероятности, частоты, среднеквадратичного отклонения и значения коэффициента вариации.

Исследования отказов автомобилей-тягачей MERCEDES-BENZ 1844 ACTROS LS показали (рисунок 1), что наиболее характерными заменами на пробеге были: замена рулевых тяг, замена сальника ведущей шестерни главной передачи, замена или ремонт турбокомпрессора, замена топливного бака, замена торсиона кабины, ремонт или замена автономного отопителя, замена тахографа, ремонт или замена форсунок, электронных блоков управления агрегатов и узлов, дисплея, воздушных и масляных трубопроводов, датчиков, кабеля ABS, генератора, амортизаторов, тормозных механизмов, аккумуляторной батареи. Также имели место замены коробки передач, деталей рулевого управления (рисунок 3, а), блока управления двигателем, интеркулера (рисунок 3, б). Использование автономного отопителя при изменении погодных условий резко увеличило количество заявок на его ремонт.

Исследование нарушений работоспособности автомобилей-тягачей VOLVO FH 1242 в процессе эксплуатации показало следующее распределение замен по системам автомобиля (рисунок 2).

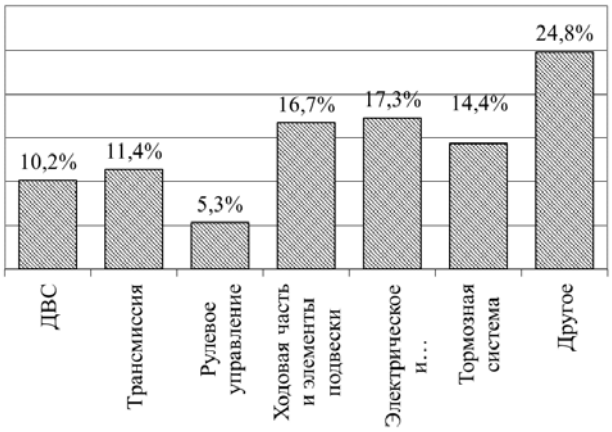


Рисунок 1 – Распределение отказов Mercedes-Benz Actros 1844 LS

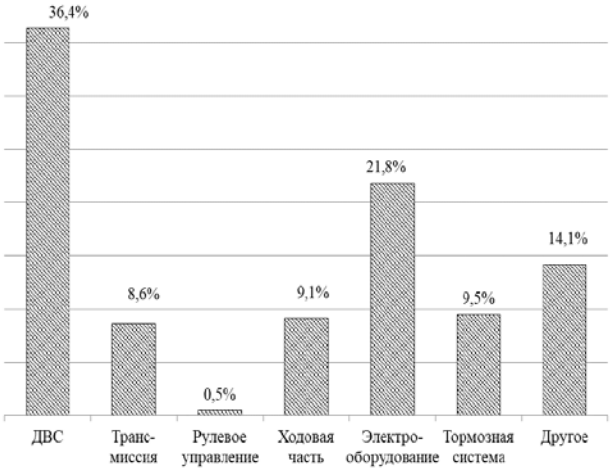


Рисунок 2 – Распределение отказов Volvo FH 1242

При эксплуатации автомобилей-тягачей VOLVO FH 1242 на пробеге 80 тыс. км увеличилось количество заявок на устранение неисправностей и отказов в двигателях автомобилей. Фиксировались неисправности и отказы в

элементах электрооборудования.

Анализ потока отказов автомобилей-тягачей VOLVO FH 1242 показал, что характерными заменами являются: замены деталей двигателя (36,4%), электрооборудования (21,8%), трансмиссии (8,6%), отказы или нарушения работы ходовой части и подъема кабины, также часто встречаются поломки системы отопления – отказы элементов автономного отопителя салона (рисунок 3, в).

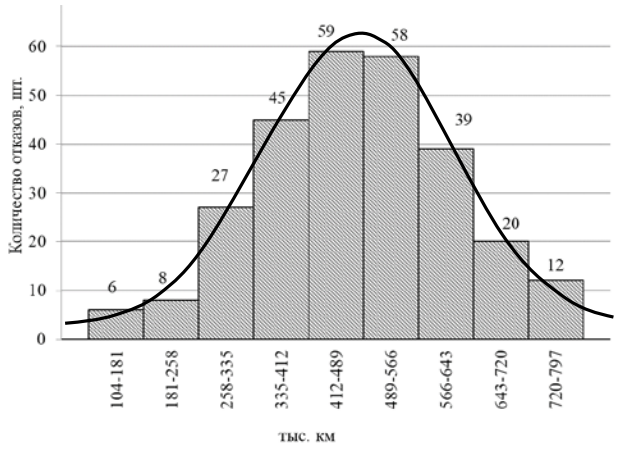
Неисправности систем двигателя характеризуются отказами системы подачи и подготовки топливной смеси (замены форсунок, их стаканов и уплотнений). Большую часть неисправностей системы отработавших газов составляют замены гофры глушителя, замены прокладок выпускного коллектора. В цилиндропоршневой группе за период эксплуатации менялись коренные и шатунные вкладыши, задние сальники коренного подшипника; в системе охлаждения – термостат. Замены в системе смазки характеризуются отказом датчика давления масла. Определено, что большая часть замен была выполнена на первых 300 тыс. км побега.

К неисправностям сцепления отнесены замены дисков сцепления, подшипников выжимных, также требовались ремонтные комплекты пневмогидроусилителя сцепления. Воздействия на тормозную систему в половине случаев – это замены пружин тормозных колодок; также выполнялись замены датчиков износа колодок и клапана ограничения давления, менялись модуляторы управления тормозами полуприцепов, модуляторы EBS.

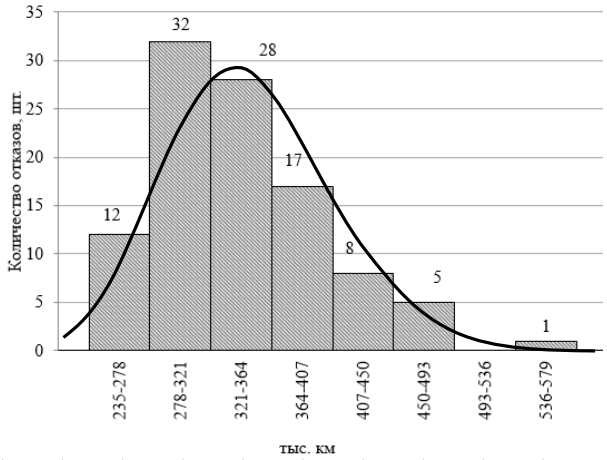
К заменам ходовой части, относятся пневморессоры и другие элементы пневмоподвески – клапаны и датчики. Также выполнялись ремонты лучевой тяги и замены колесных гаек.

Отказы электрооборудования (рисунок 3, г) характеризуются ремонтами генератора – это замены ремня и ролика натяжителя, подшипников и якоря генератора.

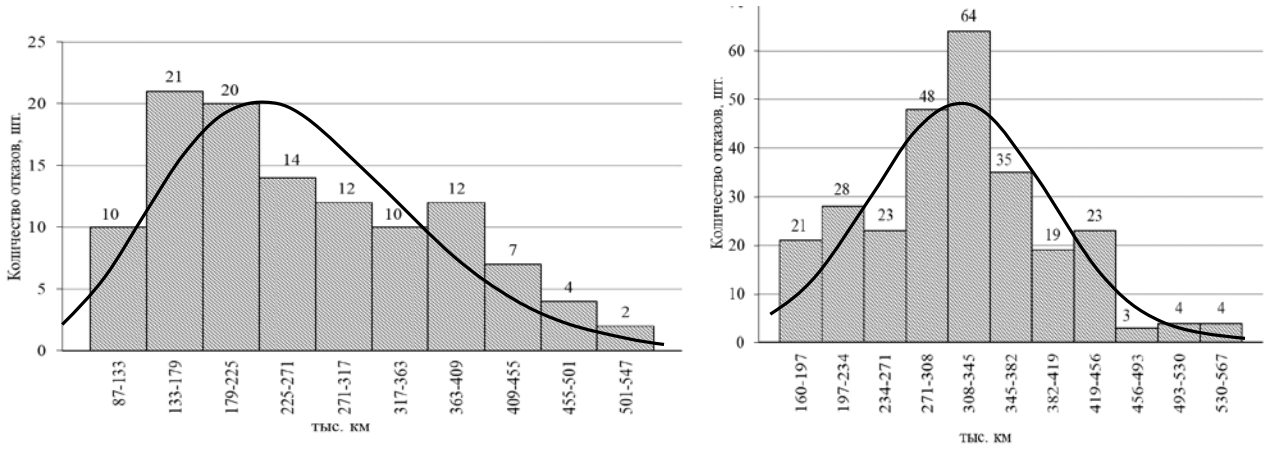
Также проведен анализ времени доставки различных запасных частей на склад автопредприятия. Было выяснено, что сроки доставки различных запасных частей отличаются.



а)



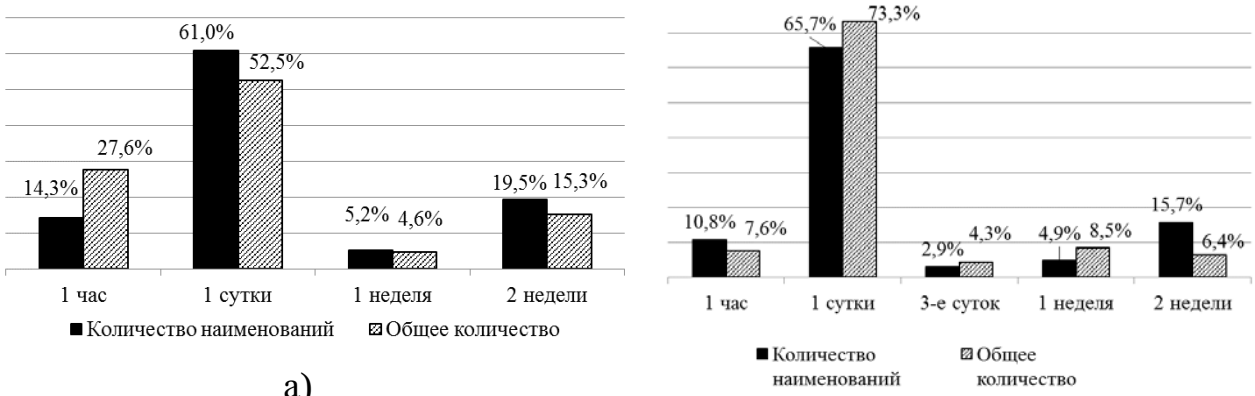
б)



в) г)

Рисунок 3 – Распределение отказов автомобилей по пробегу:
а) рулевое управление Mercedes-Benz; б) интеркулер Mercedes-Benz;
в) автономный отопитель Volvo FH; г) электрооборудование Volvo FH

Анализ времени доставки запасных частей показал, что 61% наименований запасных частей автомобилей Volvo и 65,7% запасных частей автомобилей Mercedes-Benz доставляются в течение одного дня (рисунок 4, а, б).

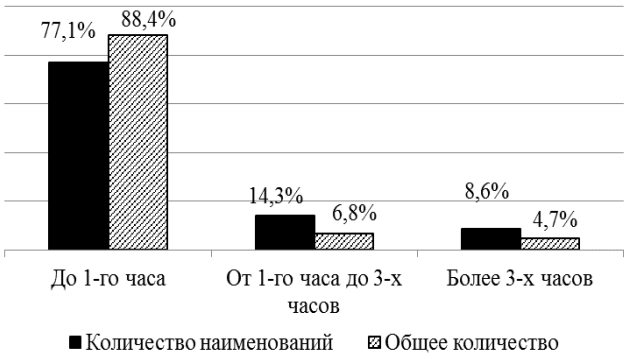


а) б)

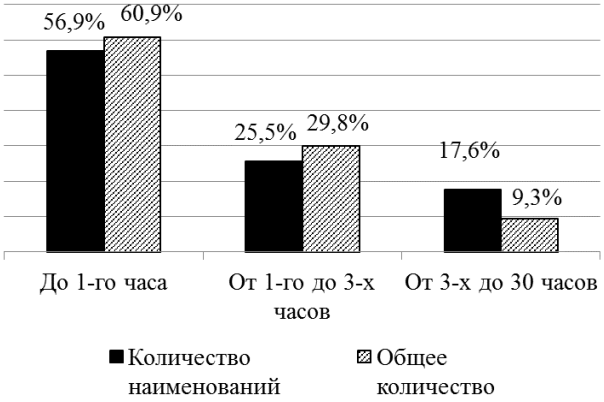
Рисунок 4 – Распределение запасных частей по времени доставки:
а) VOLVO FH 1242; б) Mercedes-Benz 1844 Actros LS

С другой стороны, время замены большинства деталей, как показало исследование, занимает до одного часа. Так для автомобилей Volvo это 77,1 % всех замен (рисунок 5, а). Для автомобилей Mercedes-Benz это число ниже – 56,9%, и еще треть всех замен выполнялась в течение от одного до трех часов (рисунок 5, б).

Для дальнейшей корректировки и оптимизации склада автозапчастей на предприятии было рассмотрено соотношение запасных частей по времени доставки с учетом времени, затрачиваемого на проведение ремонтных работ по установке этой запасной части. Если рассматривать запасные части, время установки которых занимает более трех часов, то для автомобилей Volvo более 80% таких запасных частей доставляется в течение двух недель.



а)



б)

Рисунок 5 – Распределение запасных частей по времени замены:
а) VOLVO FH 1242; б) Mercedes-Benz 1844 Actros LS

Касательно автомобилей-тягачей Mercedes-Benz, ситуация несколько иная. Как показали исследования, около, 44% наименований запасных частей доставляется в течение одних суток, и около 39% доставляется в течение двух недель.

Проведенные исследования позволили создать информационную базу для определения потребности в запасных частях с учетом предлагаемой методики.

В третьей главе проведена разработка и теоретическое обоснование методики определения потребности в запасных частях. Выбраны основные параметры и установлена зависимость влияния простоя в ожидании запасных частей на качественные показатели работы автотранспортного предприятия.

Техническая готовность подвижного состава оценивается коэффициентом технической готовности α_T, показывающим, какую часть расчетного периода единица подвижного состава находится в технически исправном состоянии и может быть использована в работе:

$$\alpha_T = \frac{t_{рабоч}}{t_{рабоч} + t_{ремонт}},$$

где $t_{рабоч}$ – время нахождения автомобиля в исправном состоянии, ч; $t_{ремонт}$ – время простоя автомобиля в ремонте, ч.

В ситуации отсутствия запасной части на складе автопредприятия, время простоя в ремонте будет включать в себя как время проведения ремонтных работ автомобиля, так и время ожидания доставки i-ой запасной части $t_{iожидан}$. То есть

$$\alpha_{Ti} = \frac{t_{iрабоч}}{t_{iрабоч} + t^*_{iремонт} + t_{iожидан}}. \qquad (1)$$

где $t_{iрабоч}$ – время нахождения i-ой детали в исправном состоянии, ч; $t^*_{iремонт}$ – время проведения замены i-ой запасной части, ч; $t_{iожидан}$ – время ожидания доставки i-ой запасной части, ч.

Учитывая случайную природу величин $t^*_{iремонт}$, $t_{iожидан}$ и $t_{iрабоч}$, они принимаются как средние (по всем автомобилям данного типа) значения в

выражении для коэффициента α_{Ti}. Тогда коэффициент технической готовности автомобиля α_T определяется как

$$\alpha_T = \min_{0 \le i \le n} \alpha_{Ti}, \qquad (2)$$

где α_{Ti} – коэффициент технической готовности автомобиля с учетом отказа i-ой детали, n – количество наименований деталей, шт.

Отсутствие запасной части на складе может вносить значимое изменение коэффициента технической готовности и, тем самым, нарушать принятое на практике ограничение $\alpha_T \ge 0{,}86$. Поэтому возникает задача разработки критерия, определяющего необходимость хранения запасной части данного типа на складе.

В качестве критерия выбора типа запасных частей для хранения было введено произведение:

$$\mu_i = p_i t_{iожидан},$$

где p_i – вероятность отказа i-ой детали за пробег, соответствующий времени планирования.

Выбор этой величины обусловлен тем, что даже при большой вероятности отказа некоторой детали, но при малом времени доставки аналогичной запасной части не возникает необходимости в ее хранении. С другой стороны, для деталей с малой вероятностью отказа и большом времени ожидания доставки величина $p_i t_{iожидан}$ снова может оказаться достаточно малой. Как правило, такие запасные части обычно хранят на складе из-за большого времени их доставки. Однако использование предлагаемого критерия дает возможность определить неочевидную целесообразность хранения той или иной запасной части, в зависимости от вероятности ее отказа и времени доставки.

Поэтому возникает задача определения граничного значения для величины μ_i, превышение которого будет критерием необходимости хранения запасной части на складе.

На практике принято считать коэффициент технической готовности допустимым, если он удовлетворяет условию $\alpha_T \ge 0{,}86$. Согласно (2), это означает, что должно выполняться условие $\alpha_{Ti} \ge 0{,}86$. Тогда из (1):

$$\alpha_{Ti} = \frac{t_{iрабоч}}{t_{iрабоч} + t^*_{iремонт} + t_{iожидан}} = \frac{p_i t_{iрабоч}}{p_i t_{iрабоч} + p_i t^*_{iремонт} + p_i t_{iожидан}} =$$

$$= \frac{p_i t_{iрабоч}}{p_i t_{iрабоч} + p_i t^*_{iремонт} + \mu_i} \ge 0{,}86.$$

Отсюда

$$\mu_i \le \frac{p_i (0{,}14 t_{iрабоч} - 0{,}86 t^*_{iремонт})}{0{,}86}. \qquad (3)$$

Таким образом, если для некоторого значения $i = 1, 2, ..., n$ выполнено условие (3), i-ая запасная часть не нуждается в хранении на складе.

Кроме того, это неравенство должно быть справедливо, если откажет i-ая деталь хотя бы у одного из автомобилей данного типа. Значит, условие, при котором i-ую запасную часть не нужно хранить на складе при наличии N автомобилей данной марки, имеет следующий вид

$$t_{iожидан}(1-(1-p_i)^N) \le \frac{p_i(0{,}14t_{iрабоч} - 0{,}86t^*_{iремонт})}{0{,}86}. \qquad (4)$$

Замена неравенства (3) на неравенство (4) обусловлена тем, что поскольку $0 \le 1-p_i \le 1$, то $1-p_i \ge (1-p_i)^N$ для $N > 1$. Значит,

$$p_i = (1-(1-p_i)) \le (1-(1-p_i)^N).$$

Поэтому, если выполнено неравенство (4), то выполнено и неравенство (3) для каждого автомобиля.

Для $\mu_i^N = t_{iожидан}(1-(1-p_i)^N)$.

Неравенство (4) приобретает вид

$$\mu_i^N \le \frac{p_i(0{,}14t_{iрабоч} - 0{,}86t^*_{iремонт})}{0{,}86} \qquad (5)$$

Таким образом, предлагаемая методика будет включать в себя следующие параметры:

1. Время работы автомобиля $t_{iрабоч}$ – среднее время между двумя заменами запасных частей i-го типа, ч.

Время $t_{iрабоч}$ определяется как отношение среднего пробега между двумя заменами запасных частей i-го типа к средней скорости, определяемой по бортовому компьютеру автомобиля. То есть

$$t_{iрабоч} = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M}\frac{1}{k_m}\sum_{j=0}^{k_m}\frac{1}{v_{mj}^{средн}}L_{mj},$$

где L_{mj} – пробег m-го автомобиля между j-ой и $j+1-$ой заменами запасных частей i-го типа, $j = 0,1,2,...,k_m$, км; $v_{mj}^{средн}$ – средняя скорость на пробеге L_{mj}, км/ч; M – число автомобилей, у которых фиксировались замены запасных частей i-го типа, ед.

2. Время ремонта $t^*_{iремонт}$ – среднее измеренное время в реальных условиях, ч.

3. Время $t_{iожидан}$, ч – определяется как среднее время ожидания между заказом и доставкой запасной части на предприятие, рассчитывающееся, только если запасные части этого типа отсутствуют на складе. В случае наличия этой запасной части на складе $t_{iожидан} = 0$.

4. Вероятность p_i определяется на основе собранной статистики замен за время наблюдения, – за период эксплуатации автомобилей.

При известном законе распределения отказов, а, следовательно, известных вероятностях отказов $\mathbf{P}(\overline{A}_i)$, $i = 1,2,...,n$, задачу минимизации времени простоя

для единичного автомобиля можно сформулировать как целочисленную задачу на условный экстремум:

$$\begin{cases} \mathbf{P}(\bigcup_{i=1}^{n} A_i) = 1 - \prod_{i=1}^{n} \mathbf{P}(\overline{A}_i) \to \min; \\ \sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le C. \end{cases} \tag{6}$$

где $\mathbf{P}(\bigcup_{i=1}^{n} A_i)$ – вероятность отказа детали i-го типа для n деталей; $\prod_{i=1}^{n} \mathbf{P}(\overline{A}_i)$ – вероятность безотказной работы детали i-го типа; c_i – стоимость одной запасной части i-го типа, руб.; m_i – количество хранимых на складе запасных частей i-го типа, шт.; C – объем доступных средств на закупку запасных частей для хранения на складе, руб.

В системе (6) первая часть описывает необходимость минимизации вероятности отказа, а вторая – учитывает ограниченность финансовых средств. Задачу минимизации в (6) можно заменить задачей поиска наиболее вероятного количества отказавших деталей i-го типа.

Поскольку детали одного типа на различных автомобилях отказывают независимо, то наиболее вероятное количество требующихся запасных частей вычисляется как целое число, лежащее в интервале $\left[(N+1)p_i - 1; (N+1)p_i\right]$. Определяются такие целые m_i, чтобы $m_i \in \left[(N+1)p_i - 1; (N+1)p_i\right]$ до выполнения ограничения:

$$\sum_{i=1}^{n} c_i m_i \le C. \tag{7}$$

Здесь, как и ранее, N – количество автомобилей, в которых присутствует деталь i-го типа. Если к концу предыдущего расчетного периода T на складе остались невостребованными некоторые запасные части в количестве a_i, $i = 1, 2, ..., n$, то задачу необходимо рассматривать как задачу «докупки» необходимого количества m_i^*. Где $m_i^* = m_i - a_i$, а m_i определяется из соотношения $m_i \in \left[(N+1)p_i - 1; (N+1)p_i\right]$.

Для ранжирования запасных частей в приоритетности закупки применен «ABC-анализ», где в качестве квалификационного признака предлагается величина $p_i c_i$ – произведение вероятности отказа на стоимость запасной части. В таком случае, ранжируя запасные части по этой величине, нужно заполнять склад запасными частями, начиная с максимальной величины $p_i c_i$, а затем по убыванию этой величины до тех пор, пока выполняется второе условие системы уравнений 6.

В четвертой главе представлены результаты практической реализации разработанной методики на предприятиях, занимающимися грузовыми перевозками.

Для определения потребности в запасных частях в настоящем исследовании была разработана программа учета расхода запасных частей на автомобилях и на складе автопредприятия. Начальное окно программы представлено на рисунке 6.

Для просмотра истории ремонта каждого автомобиля при нажатии кнопки «Автомобили» открывается окно (рисунок 7) в котором можно просмотреть и внести изменения в историю ремонтов автомобиля, нажав кнопку «Добавить ремонт». В данном окне программы содержится информация о запасных частях, установленных на данный автомобиль в процессе выполненных ремонтов, пробег, на котором была выполнена замена, а также время, затраченное на ожидание доставки и выполенение ремонтных работ.

При нажатии кнопки «Запасные части» (рисунок 8) открывается окно, в котором можно ввести и просмотреть информацию о запасных частях. Здесь содержатся данные о наименовании, каталожном номере, стоимости и времени доставки, а также хранятся данные о вероятности отказа и о необходимости хранения данной запасной части на складе.

Рисунок 6 – Начальное окно

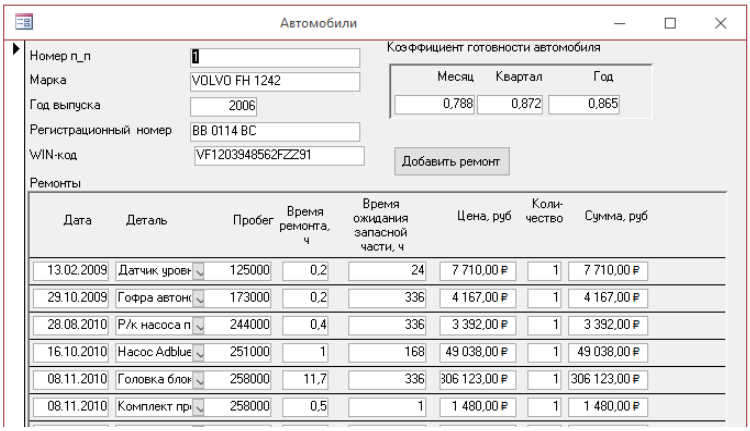


Рисунок 7 – Карта автомобиля

Также можно посмотреть существующие аналоги для данной запасной части других фирм-производителей, для этого есть кнопка «Аналоги».

Для расчета потребности в запасных частях на будущий период, вводятся данные о горизонте планирования, о коэффициенте технической готовности автомобильного парка, а также о сумме средств, доступной для закупки запасных частей (рисунок 9).

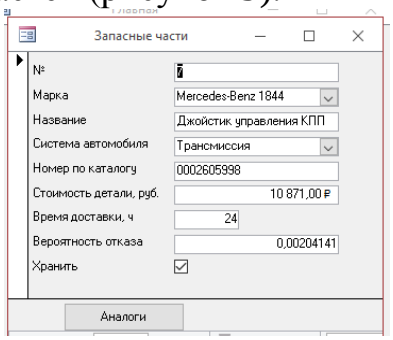


Рисунок 8 – Информация о запасной части

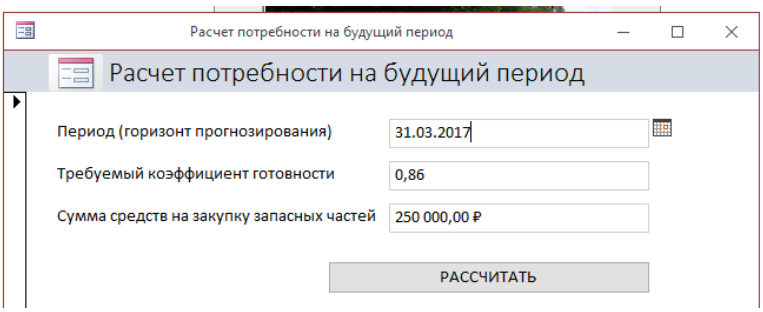


Рисунок 9 – Ввод данных для расчета потребности запасных частей

В результате, на основе расчета, программа формирует перечень и количество запасных частей, необходимое для закупки на требуемый период (рисунок 10).

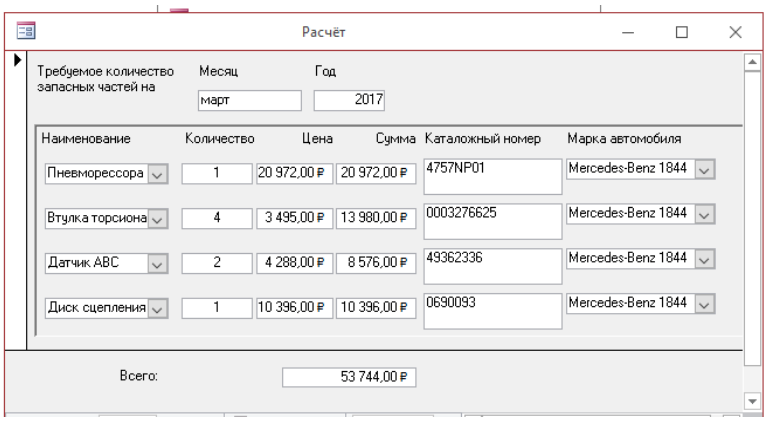
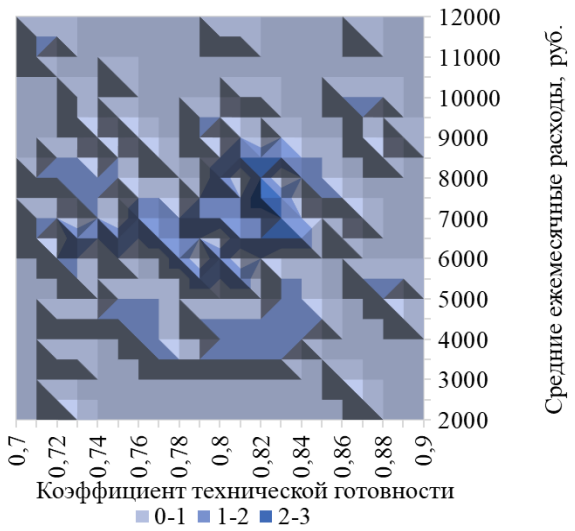


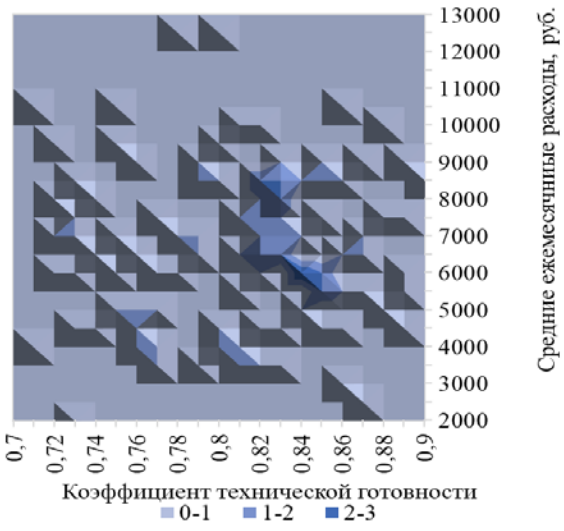
Рисунок 10 – Результат расчета необходимого количества и номенклатуры запасных частей

Результаты реализации методики представляют собой перечень и количество запасных частей, требующих заказа и хранения на планируемый период.

Для сравнительного анализа средних расходов на один автомобиль и изменения работоспособности подвижного состава использовались контурные диаграммы. На рисунке 11 показаны распределения до применения методики, а на рисунке 12 – после.



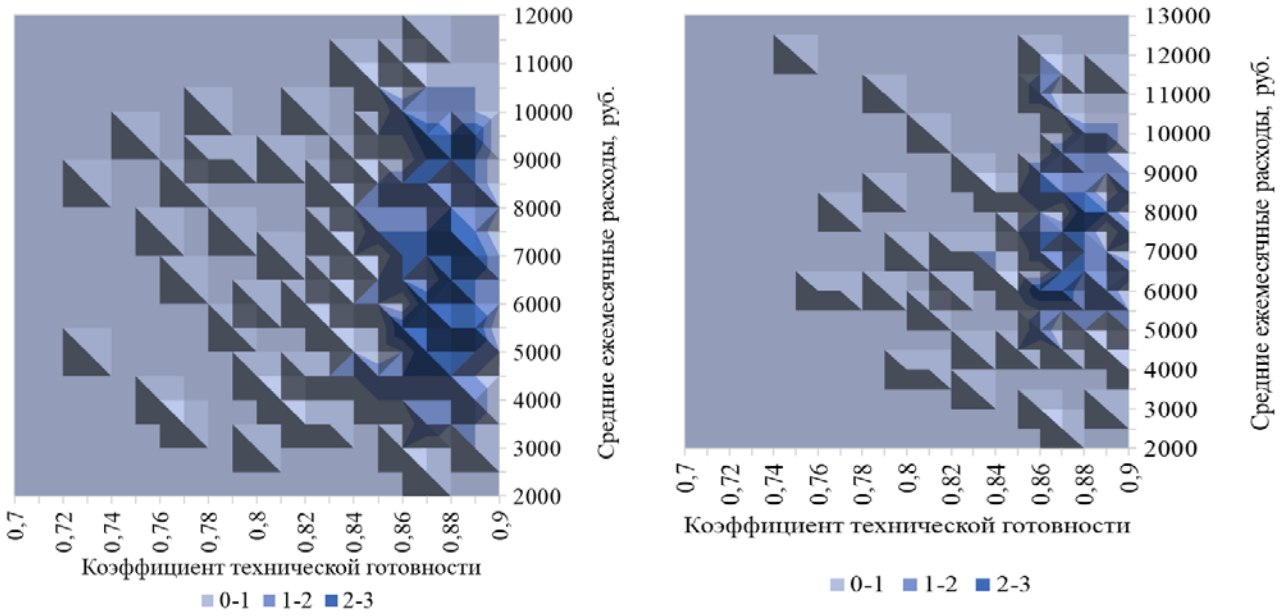
а)



б)

Рисунок 11 – Изменение коэффициента технической готовности в зависимости от расходов на запасные части в 2016 г.:
а) Mercedes-Benz Actros 1844 LS; б) Volvo FH 1242

Для автомобилей обеих марок по диаграммам видно, что область скопления значений сместилась вправо, что позволяет сделать вывод о повышении среднего значения коэффициента технической готовности.



а) б)

Рисунок 12 – Изменение коэффициента технической готовности в зависимости от расходов на запасные части в 2017 г.:
а) Mercedes-Benz Actros 1844 LS; б) Volvo FH 1242

Анализ работы предприятия за 2016 год показал низкое значение коэффициента технической готовности. Автомобили простаивали по 6-10 дней в ожидании запасных частей. За год проведения эксперимента коэффициент технической готовности автомобильного парка автопредприятия увеличился на 7% (рисунок 13).

В результате предложенной методики формирования номенклатуры склада уменьшился простой автомобилей в ожидании доставки требуемой запасной части (рисунок 14).

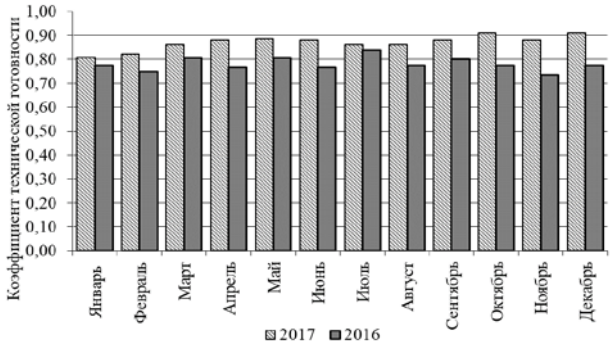


Рисунок 13 – Значения коэффициента технической готовности в 2016 и 2017 гг.

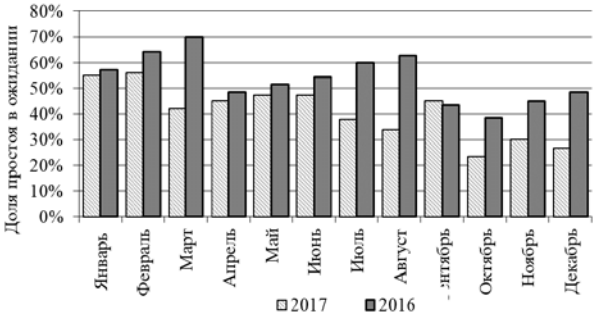


Рисунок 14 – Доля простоя от общего времени ремонта автомобилей в ожидании запасных частей в 2016 и 2017 гг.

Так, если за 2016 год автомобили простаивали в ожидании запасных частей до 70% всего времени ремонта, то после применения методики доля простоя в ожидании запасных частей сократилась в среднем до 40%. Что в абсолютных значениях составило до 4-х дней на один автомобиль.

Если в 2016 г. средняя сумма оборотных средств, замороженных в складе запасных частей составляла 3611 тыс. руб., то в 2017 г. эта сумма сократилась до 3099 тыс. руб., что составляет сокращение замороженных средств на 16,5%. Таким образом, применение данной методики позволило повысить качественные показатели работы АТП, а именно – коэффициент технической готовности за счет уменьшения простоя автомобилей в ожидании запасных частей и уменьшить сумму нормируемых оборотных средств на 16,5%, что в денежном эквиваленте составляет 512 тыс. руб. в год.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ существующих методов определения потребности в запасных частях на предприятиях грузового автомобильного транспорта показал, что используемые критерии формирования склада запасных частей основаны на нормативных требованиях, влияние которых на эффективность работы предприятия не установлено. В качестве комплексного показателя эффективности работы склада, выбран коэффициент технической готовности, как показатель, учитывающий величину простоя автомобиля в ремонте.

2. Собраны статистические данные замен запасных частей, узлов и агрегатов. Наибольшее число замен автомобилей-тягачей Mercedes-Benz Actros 1844 LS составили детали системы обогрева – 24,8%. Для Volvo FH 1242 – это детали ДВС, 36,4% от общего количества произведенных замен. Получены статистические характеристики отказов по всем заменам агрегатов и деталей автомобилей, на основании чего были выявлены параметры потока заказов запасных частей.

3. Установлено, что продолжительность простоя исследуемых автомобилей в ремонте по причине отсутствия запасных частей значительна и может составлять до 200 часов в месяц. Этот простой снижает коэффициент технической готовности подвижного состава в среднем на 10%.

4. Установлено, что 61% запасных частей автомобилей Volvo и 65,7% запасных частей автомобилей Mercedes-Benz доставляются в течение одного дня. Также установлено, что максимальная продолжительность замен запасных частей составляет 3 часа, что позволило сформулировать критерий необходимости хранения конкретных запасных частей и определить величину оборотных средств на их закупку.

5. Разработанная методика определения количества и номенклатуры запасных частей, закупаемых предприятием, позволяет сократить до 53% наименований запасных частей складских запасов.

6. Практически реализована и апробирована предлагаемая методика в рамках компьютерной информационной системы автопредприятий ПП «Краснодонская автобаза» и АТП ФЛП Дьяченко, г. Краснодон. Предложенное программное обеспечение способно решать также такие задачи технической службы АТП, как ведение карты автомобиля и учет склада запасных частей предприятия.

7. Анализ эффективности предлагаемой методики, показал повышение коэффициента технической готовности на 7%, сокращение среднего простоя автомобилей за период нахождения в ремонте и обслуживании с 8 до 4-х дней и уменьшение суммы нормируемых оборотных средств на 16,5%, что в денежном эквиваленте составляет около 512 тыс. руб. за год. Кроме того, в результате эксперимента выявлено, что расходы на закупку запасных частей на начало периода сократились в среднем на 53%.

Перспективы дальнейшей разработки темы:

- проведение исследования специфики работы склада автотранспортных предприятий;
- совершенствование методик определения требуемого количества запасных частей;
- разработка новых программных средств автоматизации определения количества запасных частей.

Основные положения диссертационного исследования опубликованы в следующих работах:

в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. **Верительник, Е.А.** Оптимизация склада запасных частей автотранспортного предприятия с учетом финансовых возможностей предприятия / **Е.А. Верительник** // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 8. – С. 51-54.

2. **Верительник, Е.А.** Исследования нарушений работоспособности автомобилей-тягачей MERCEDES-BENZ 1844 ACTROS LS для оптимизации фонда запасных частей автотранспортного предприятия / **Е.А. Верительник** // Бюллетень транспортной информации. – 2016. – №8 (254) – С.30-34.

3. **Верительник, Е.А.** Повышение эффективности работы автотранспортных предприятий путем повышения эффективности работы склада запасных частей / **Е.А. Верительник** // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 3 (62). – С.137-145.

4. **Верительник, Е.А.** Технико-экономические показатели работы склада запасных частей как элемента автотранспортного предприятия / **Е.А. Верительник, М.Т. Таращанский** // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 2 (65). – С.115-123.

в других изданиях:

1. **Верительник, Е.А.** Оптимизация склада запасных частей грузовых автотранспортных предприятий на основе критерия хранения детали / **Е.А. Верительник**, М.Т. Таращанский, К.К. Панайотов // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2017. – №1 (3). –Ч.2. – С. 125-130.

2. **Верительник, Е.А.** Определение количества хранимых запасных частей на автопредприятиях с учетом ограниченности оборотных средств / **Е.А. Верительник**, М.Т. Таращанский, К.К. Панайотов // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2019. – №1 (19). – С. 132-36.

Автореферат

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Верительник Евгений Анатольевич

Подписано в печать 13.11.2019 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Печать лазерная. Усл. печ. лист 1,0.
Тираж 100 экз. Изд. № 1401. Зак. № 1577.
Цена договорная.

Издательство «Ноулидж»
(ФЛП Лазарев А.И.)
Свидетельство о регистрации №11-0015382 от 26.07.2016
Адрес: 91000, г. Луганск, ул. Ватутина, д. 91, кв. 75.
Тел: +38(050) 475-35-13, email: nickvnu@gmail.com