

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ	Дорожно-транспортный (Название)
КАФЕДРА	Автомобильный транспорт (Название)
НАПРАВЛЕНИЕ	23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и (Код, название) комплексов»
МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА	Эксплуатация транспортных средств (Название)

Направить на защиту в государственную
аттестационную комиссию
Декан факультета ДТ

Допущен к защите
Заведующий кафедрой
«Автомобильный транспорт»

(Подпись) В.В. Быков
(ФИО)

(Подпись) Мищенко Н. И.
(ФИО)

«___» _____ 2019 г.

«___» _____ 2019 г.

НОВИКОВ ГРИГОРИЙ ВИКТОРОВИЧ

(фамилия, имя, отчество магистра)

(подпись автора магистерской диссертации)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСХОДОВ
ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО
СЕРВИСА АВТОМОБИЛЕЙ**

(тема)

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ

доцент кафедры «Автомобильный транспорт»,
к.т.н., доц. Воронина И. Ф.

(Должность, ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество)

(Подпись)

НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ

доцент кафедры «Автомобильный транспорт»,
к.т.н., доцент Никульшин С. В.

(Должность, ученая степень, звание, ФИО)

(Подпись)

НОРМОКОНТРОЛЬ

ст. препод. кафедры «Автомобильный транспорт»
Юрченко Ю. В.

(Должность, ученая степень, звание, ФИО)

(Подпись)

Горловка – 2019

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ	Дорожно-транспортный
	(Название)
КАФЕДРА	Автомобильный транспорт
	(Название)
НАПРАВЛЕНИЕ	23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»
	(Код, название)
МАГИСТЕРСКАЯ ПРОГРАММА	Эксплуатация транспортных средств
	(Название)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
«Автомобильный транспорт»

_____ Н.И. Мищенко

«_____» _____ 2019 г.

НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Студента Новикова Григория Викторовича Группы ЭТС 17 МАГ- 3

Тема магистерской диссертации: Усовершенствование методики моделирования расходов запасных частей на предприятиях технического сервиса автомобилей

Тема магистерской диссертации утверждена приказом
№ 121- 05 от 22.11.2018 г.

Консультанты:

Научно-исследовательская программа подготовки магистерской диссертации: _____

1. Анализ и методы определения потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса 21.12.2018 – 24.02.2019 г.
2. Организация обеспечения запасными частями предприятий автосервиса 25.02.2019 – 25.03.2019 г.
3. Методические основы прогнозирования расхода запасных частей на автосервисных предприятиях 26.03.2019 – 26.04.2019 г.
4. Выбор пакетов прикладных компьютерных программ для определения потребности в запасных частях 16.05.2019 – 31.05.2019 г.
5. Разработка методики определения потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса 23.05.2019 – 15.06.2019 г.
6. Оформление 2.09.2019 – 31.10.2019 г.

Срок сдачи студентом оформленной магистерской диссертации
04.11.2019 г.

Дата выдачи задания 01.12.2018 г.

Научный руководитель канд. техн. наук, доц., И. Ф. Воронина _____
(Подпись)

Задание принял к исполнению 01.12.2018 г. _____
(Подпись)

РЕФЕРАТ

Магистерская работа: 79 с., 12 рис., 30 источников

Объект исследования – процессы формирования запасов запасных частей предприятиями автосервиса, которые входят в состав дилерских сетей, обслуживающих автомобили импортного производства

Цель работы – разработка методики прогнозирования расходов запасных частей на предприятиях автосервиса.

В данной магистерской работе проведен анализ и рассмотрены методы определения потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса. Выполнена разработка методических принципов выбора математических моделей для прогнозирования потребности в запасных частях.

По разработанной методике был осуществлен прогноз расхода запасных частей на автосервисном предприятии.

Результаты работы могут быть использованы на предприятиях технического сервиса легковых автомобилей для более эффективного управления запасами.

ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСХОДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛИ, ПРЕДПРИЯТИЯ АВТОСЕРВИСА

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ и методы определения потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса	8
1.1 Организация обеспечения запасными частями предприятий автосервиса	8
1.2 Методы, используемые для определения потребности в запасных частях	16
1.3 Анализ современного парка обслуживаемых автомобилей	20
1.4 Цель и задачи исследования	23
1.5 Выводы по первому разделу	24
2 Методические основы прогнозирования расхода запасных частей на автосервисных предприятиях	26
2.1 Особенности управления запасами на предприятиях автосервиса.....	26
2.2 Разработка методических принципов выбора математических моделей для прогнозирования потребности в запасных частях.....	42
2.3 Выбор пакетов прикладных компьютерных программ для определения потребности в запасных частях.....	45
2.4 Выводы по второму разделу	47
3 Разработка методики определения потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса	49
3.1 Расчеты потребности в запасных частях с использованием математических моделей	49
3.2 Разработка методики прогнозирования расхода запасных частей на автосервисном предприятии.....	61
3.3 Оценка адекватности математических моделей	67
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	72
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	75
ПРИЛОЖЕНИЕ А	76

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время, в связи с ростом автомобильного парка и переориентации их владельцев из самообслуживания на ремонт в специализированных фирмах, остродефицитными стали профессии механиков, а спрос на автомобильный сервис намного превышает предложение.

Так покупатели не хотят ремонтировать технику, а отечественные поставщики техники, которые не имеют сервисных инфраструктур, не могут. Сбыт техники, не обеспеченной сервисом, становится проблематичным.

У отечественных автомобильных заводов, системы складов с централизованным управлением запасами и отгрузкой любых деталей на протяжении времени, нет.

Однако их планы все еще не предусматривают срочной необходимости внедрения современных системных методов организации обеспечения ремонтников запасными частями.

Необходимым условием существования качественного сервиса является эффективная организация его материально-технического обеспечения. Из большого количества подсистем материально-технического обеспечения необходимо выделить следующие подсистемы [1,2]:

- обеспечение оптимальных запасов запасных частей и материалов и методов их пополнения;
- совершенствование процессов заказа, приобретение и доставка комплектующих изделий и материалов.

Неудовлетворительная работа данных подсистем материально-технического обеспечения предприятия автосервиса приводит к возникновению следующих проблем:

- к простоям автомобилей в ремонте, который затрудняет работу производственной зоны и ведет к необходимости выделения еще больших помещений для хранения автомобилей, ожидающих запчастей. Время нахождения на станции таких автомобилей может достигать 3 – 4 недели;

- к росту числа отказов клиентам в обслуживании из-за отсутствия запасных частей;
- к снижению конкурентоспособности предприятия на рынке и снижению популярности отдельных марок автомобилей.

Для решения вопросов обеспечения предприятия запасными частями необходимо разработать эффективную методику прогнозирования расходов запасных частей предприятиями автосервиса.

Проблемой повышения эффективности систем автосервиса за счет прогнозирования закупки запасных частей занимались такие ученые, как Крамаренко Г. В., Кривенко Е. И., Маркин О.Д., Егорова О. С., Мудунов О. С., Кирсанов Е. А., Толкачев В. К. Миротин Л. Б., Щетина В. А., Пронштейн М. Я., Таржибаев А. А., Кривенко Е. И., Волгин В. В. и другие [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Внимание этих ученых, главным образом, направлено на вопрос необходимости прогнозирования потребности автосервисного предприятия в запасных частях для их закупки.

Актуальность. В последние годы в нашей стране есть тенденция к постоянному росту автомобильного парка. В настоящее время в Донецкой области функционирует порядка 25 тыс. автосервисных предприятий. 10% от этого количества предприятий обслуживают только автомобили импортного производства. Актуальность темы магистерской работы для народного хозяйства состоит в эффективной организации материально-технического обеспечения предприятия автосервиса.

Цель работы. Целью работы является разработка методики прогнозирования расходов запасных частей на предприятиях автосервиса.

Задачи исследования:

- классифицировать и систематизировать анализ факторов, которые влияют на потребность в запасных частях;
- исследовать статистические данные расходов запасных частей на примере автосервисного предприятия СП ООО «Риво – Моторс»;

– разработать методику прогнозирования расходов запасных частей для автосервисных предприятий.

Объект исследования – процессы формирования запасов запасных частей предприятиями автосервиса, которые входят в состав дилерских сетей, обслуживающих автомобили импортного производства.

Предмет исследования – методика прогнозирования потребности в запасных частях для предприятий автосервиса.

Методы исследования. Методология исследования будет базироваться на системном подходе к изучению процесса прогнозирования запасных частей. Теоретической базой исследований является теория управления запасами на автосервисных предприятиях.

Научная новизна ожидаемых результатов. Предполагаются новые решения актуальной научной проблемы прогнозирования потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса, что позволит повысить эффективность управления запасами на предприятиях автосервиса за счет снижения простоев автомобилей в ожидании ремонта.

Разработанная методика, основанная на применении методов математического моделирования, позволит повысить эффективность управления запасами на предприятиях автосервиса за счет снижения простоев автомобилей, ожидающих ремонта.

1 Анализ и методы определения потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса

1.1 Организация обеспечения запасными частями предприятий автосервиса

Постоянное увеличение автомобильного парка предъявляет повышенные требования к функционированию и развитию такой отраслевой группы бытовых услуг, как услуги по ремонту и техническому обслуживанию автотранспортных средств. Согласно действующему классификатору все эти услуги относятся к различным отраслевым группам, но все они направлены на удовлетворение нужд, связанных с поддержкой нормального технического состояния и эксплуатационных характеристик автотранспортного средства.

Проблему оптимизации формирования процессов обеспечения запасными частями необходимо решать комплексно: исследовать систему, ее поведение, формализовано описать ее деятельность, оценить потенциальные недостатки в ее функционировании и найти пути их устранения.

СП ООО «Риво-Моторс», официальный дилер Volkswagen и самый большой автоцентр в Донецкой области, успешно работает на автомобильном рынке 15 лет.

Сегодня компания уже имеет богатую историю. Ее официальное открытие состоялось 9 октября 1998 года в Донецке. С тех пор предприятие динамично развивается и является примером для автомобильных компаний в Донецке. На этапе становления на предприятии действовала только станция технического обслуживания автомобилей на 5 подъемников, стоянка автомобилей находилась под открытым небом.

На сегодняшний день общая площадь предприятия составляет более четырех тысяч квадратных метров. Сервисный центр вмещает 17 постов, на складе предприятия – более 5 тысяч наименований запасных частей.

В распоряжении автоцентра находится полный набор специализированного оборудования, устройств и инструментов, которые обеспечивают техни-

ческое обслуживание (ТО) и ремонт автомобилей в соответствии технологическими стандартам завода-изготовителя.

Комплекс оказываемых услуг СП ООО «Риво-Моторс»:

- гарантийное обслуживание;
- послегарантийное обслуживание;
- восстановление автомобилей после аварии;
- оснащение автомобилей дополнительными опциями.

В целом эффективность автосервиса СП ООО «Риво - Моторс» оценивается экспертами как довольно высокая, поскольку имеют место такие факторы как:

- наличие современного технического оборудования;
- в наличии инфраструктура для клиентов, которая обеспечивает их удовлетворенность от пребывания на предприятии;
- высокое качество обслуживания клиентуры;
- широкий спектр комплексных ремонтных услуг.

Но из-за отсутствия четкой методики прогнозирования расходов запасных частей (что бы дало возможность за короткое время прогнозировать потребность автоцентра в запасных частях максимально приближено к реальной жизни) автоцентр не использует потенциал наиболее рационально. Эффективность работы системы автосервиса можно улучшить, внедрив систему прогнозирования расходов запасных частей. Это позволит сократить убытки от продолжительного простоя неиспользованных запасных частей на складе и от чрезмерного расхода денежных средств на постоянное снабжение необходимыми запчастями, когда их нет в наличии на складе, значительно сократит время на расчеты потребности в запчастях и сведет ошибки в расчетах к минимуму.

Для предприятия автосервиса задачи прогнозирования товарных запасов состоят в анализе динамики товарооборота, определения оптимальных размеров товарных запасов, прогнозирования товарооборота и расходов запасов.

Решение указанных задач сводится к двум основным вопросам: когда делать заказ и сколько деталей заказывать. В качестве критерия управления запасами выступает минимизация суммарных расходов, функцию которой можно представить в общем виде:

$$C=f(C_x;C_3;z;t_n;n;Q;T;C_i;K;q), \quad (1.1)$$

где C_x – расходы на хранение товаров за период T ;
 C_i – затраты на хранение одной единицы товара;
 z – величина среднего запаса;
 q – размер одной партии поставки товара;
 Q – товарооборот за анализируемый период;
 T – продолжительность периода;
 C_3 – расходы на транспортировку;
 K – расходы на завоз одной партии товара;
 t_n – интервал;
 n – количество поставок.

Целевая функция представлена в виде уравнения связи расходов оборота:

$$C=C_2+C_3 \rightarrow \min, \text{ или в развернутом виде: } C=(C_i \frac{q}{2} T + K \frac{Q}{q}) \rightarrow \min.$$

Для поиска минимума этой функции необходимо найти ее первую производную и приравнять к нулю:

$$\frac{C_i T}{2} - \frac{K Q}{q^2} = 0, \text{ отже } q^0 = \sqrt{\frac{2 K Q}{C_i \cdot T}}, \quad (1.2)$$

где q^0 – оптимальный размер заказа.

На практике оптимальный размер заказа может оказаться меньше, чем прогнозируемая потребность в запасных частях. Принятие решения о размере заказа в данном случае зависит от стратегии управления запасами. Если пред-

приятие стремится к минимизации расходов, то при заказе должно руководствоваться значением q_0 . Если стратегия ориентирована на получение максимальной прибыли, то при заказе руководствуются прогнозируемой потребностью в запасных частях.

Необходимо отметить, что на практике использование приведенных зависимостей применимо при составлении заказов для пополнения склада, с учетом товарооборота и всех видов затрат. Однако в больших автосервисах в процессе работы формируются и другие виды заказов, объем номенклатуры которых должен учитываться при составлении заказов для пополнения склада.

То есть, окончательный объем заказа для пополнения склада равняется:

$$q = q^0 - q_3, \quad (1.3)$$

где q_3 – объем деталей в заказах другого статуса, которые могут находиться в стадии выполнения.

Если не учитывать величину q_3 при составлении заказа для пополнения склада, можно столкнуться с появлением сверхнормативных запасов.

В это время на дилерских предприятиях автосервиса существуют очереди на обслуживание. Особенно они характерны на кузовные работы (на отдельные виды ремонта до 2 – 3 месяцев). В связи с этим отделы обеспечения запасными частями столкнулись с проблемой резервирования ходовых запасных частей для сервисных заказ - нарядов, а особенно для тех, которые относятся к категории страховых и гарантийных.

Предположим, на сервисе есть 20 открытых заказ - нарядов на работы по замене одинаковых деталей на автомобилях одной и той же марки. Соответственно, в работу автомобили по этим заказ - нарядам будут поступать на протяжении двух месяцев. Мастер, который открывает заказ - наряд, резервирует за ними запасные части и материалы во избежание проблемы отсутствия необходимых деталей к началу постановки машины в ремонт, а при отсутствии необходимой детали составляет заявку для отдела запасных частей. В результате,

как минимум 20 деталей по данным заказ - нарядам окажутся зарезервированными или размещенными в заказе с учетом того, что выполнение срочного заказа представляет от 2 – х дней до 1 месяца. В связи с вышеописанной ситуацией на складе появляются значительные объемы деталей, которые могут месяцами ожидать реализации. Клиент, который желает приобрести деталь в магазине, будет недовольным, даже если на складе есть определенное количество деталей, которые его интересуют, но зарезервированных.

На практике этот вопрос решается путем «замораживания» сервисных заказов и резервирование определенного количества деталей для розничной продажи. То есть специалист, который занимается заказами запасных частей, в момент составления заказа анализирует заявки сервиса и, если отрезок времени от момента подачи заявки до постановки автомобиля в ремонт значительно превышает сроки по ставки деталей, «замораживает» заказ, то есть откладывает время отправления заказа. Значительным превышением считается срок более 7 дней. Создание резервов и «замораживание» заказов является одними из отличительных особенностей управления запасами на предприятии автосервиса в современных условиях.

На рисунке 1.1 процесс замораживания заказов представлен в виде блок-схемы.

На рисунке 1.1 в общем виде, запас деталей на складе на прогнозируемый момент времени можно выразить балансовой формулой:

$$Z_i = Z_n - Q + П, \quad (1.4)$$

где Q – объем реализации запасных частей за анализируемый период;

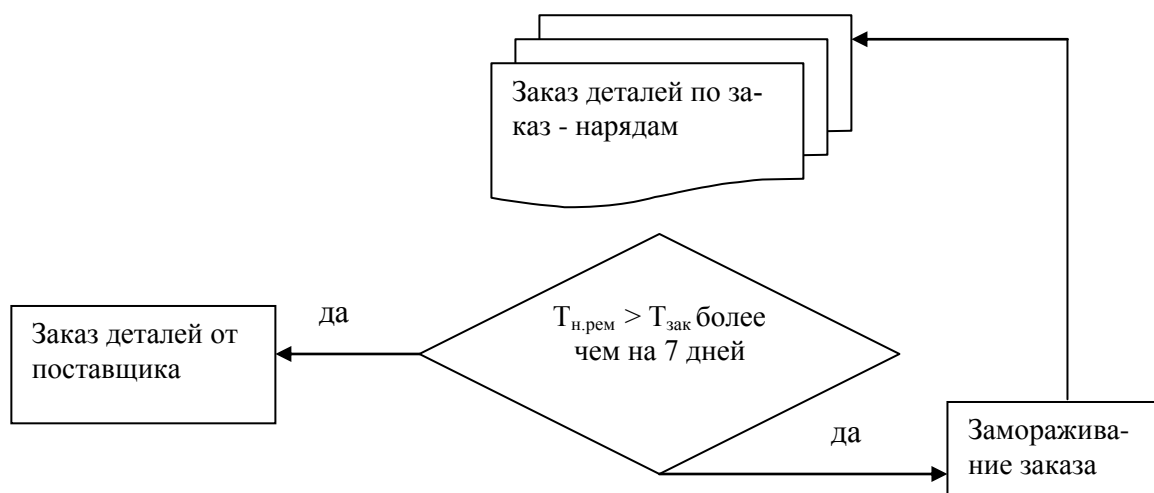


Рисунок 1.1 – Блок-схема замораживания заказов

$T_{н.рем}$ – время начала ремонта автомобиля;

$T_{зак}$ – время доставки заказа;

Π – поступление товара;

Z_H – запас на начало периода.

С учетом наличия зарезервированного количества деталей, которые не израсходованы, но в свободной продаже не значатся, запас на начало прогнозируемого периода Z_H будет равен:

$$Z_H = Z_c + Z_p, \quad (1.5)$$

где Z_c – количество деталей в свободной продаже,

Z_p – количество зарезервированных деталей.

Резервирование запасных частей характерно, хотя и в меньшем количестве, и для отдела продажи запасных частей. Обычно, с этой проблемой отделы запасных частей сталкиваются в период сезонных всплесков спроса, например, в период перехода автомобилей на зимние шины. В этот период автосервисы теряют до 20% доходов из-за того, что оплаченный товар еще не выдан клиенту (особенно это характерно при безналичной оплате товара), а место под новый товар еще не освободилось. Решение проблемы предусматривает введение определенных мер, таких как реализация оплаченного товара, после того как

истек установленный срок, на протяжении которого клиент обязан забрать оплаченный товар (по обыкновению 1 – 2 недели). Реализация товара производится после окончания установленного срока, кроме особых случаев, когда автомобиль клиента запланирован на очередное ТО или в случае, когда клиент находится на значительном расстоянии от предприятия (в другом регионе). Расходы на хранение оплаченного (зарезервированного) товара в магазине запасных частей могут быть компенсированы за счет клиента. Для этого, при составлении договора на поставку запасных частей и материалов в пункт договора «обязательство заказчика» должны быть включены положения, которые предусматривают ответственность заказчика (например, выплата поставщику установленного процента от суммы заказа), в том случае, если он не забирает готовый заказ в установленный поставщиком срок.

Для создания, учета и хранения информации о заказе, расходов и пополнения запасных частей, хранение информации о клиентах и поставщиках на предприятии существует собственная операционная система. В данный момент при формировании заказа эксперты используют статистические коэффициенты, которые существуют в данной системе. Самым важным коэффициентом есть MAD – расход запасной части за 6 последних месяцев. Если запасная часть, которая находится на складе, за указанный период ни разу не продавалась, она считается неликвидной (категория deadstock). В зависимости от величины MAD в системе автоматически меняются значения 2-х других коэффициентов: STD – количество запасных частей, которое постоянно должно находится на складе; WAR – опасное количество, ниже которого возникает риск возникновения дефицита. Данные коэффициенты аналогичные оптимальному размеру запаса и предельному (минимальному) уровню запаса, которые широко известны в большинстве исследований. Опирируя указанными коэффициентами, эксперт включает в заказ необходимую запчасть.

Кроме указанных коэффициентов при заказе запасных частей используется классификация деталей, которая аналогична известному распределению запасных частей на группы А, В, С. В дилерской сети запасные части в зави-

симости от спроса делятся на 7 классов: А, В, С, D, Е, F, J. Существует также специальный класс N – новая деталь. Самым большим спросом пользуются детали трех первых групп: класс А – расход от 10 деталей на месяц, В – от 3,9 до 10 деталей и С – от 0,68 до 3,9 деталей. Деталь считается новой, если с момента ее регистрации прошло менее шести месяцев.

Формирование заказа SO – одна из наиболее ответственных задач экспертов отдела запасных частей предприятия. Основой для формирования данного заказа должна стать практическая реализация методики по определению потребности в запасных частях.

Необходимо отметить, что при анализе классификации деталей в зависимости от их расхода было выявлено значительное количество неликвидных запасных частей. На январь 2017 года объем неликвидных запасов на складах предприятия составил в стоимостном выражении около \$48000. Анализ причин возникновения неликвидных запасов показал, что до 70% их образований происходит по вине отдела сервиса.

Мастер, ведущий клиентский заказ-наряд, чаще всего заказывает запасные части по согласованию объемов работ с клиентом, чтобы таким образом сэкономить время на доставку запасных частей в случае согласия клиента на проведение рекомендованных работ. Соответственно, при отказе клиента от рекомендованных ремонтных работ, мастер возвращает заказанные детали назад на склад. Необходимо предусмотреть ответственность сервиса за возвращение заказанных деталей, вплоть до оплаты возвращенных деталей, за счет мастера, составившего данный заказ.

1.2 Методы, используемые для определения потребности в запасных частях

Фактически расход запасных частей является самостоятельным фактором, который влияет на их потребность.

Во многих работах [11, 12, 13, 14] уделяется внимание влиянию на расход запасных частей конструктивных факторов. Вместе с тем, следует отметить, что на уровне предприятия автосервиса конструктивные факторы, которые отображают уровень конструкционной надежности автомобилей, могут учитываться только как постоянные, потому что на них может влиять только производитель автомобилей и запасных частей. Для специализированных автотранспортных предприятий эта группа факторов является основной, поскольку от выбора производителя (поставщика) запасных частей зависит их надежность, долговечность и цена.

Потребность в запасных частях автосервисного предприятия в первую очередь зависит от производственных, технологических, информационных факторов и затрат запасных частей на ТО и ТР автомобиля. Причем на надежность элементов автомобиля и, как следствие, на нормы расхода запасных частей влияет комплекс факторов, который состоит из двух групп: потенциальные (внутренние) и эксплуатационные (внешние). Переход элементов автомобильных конструкций с одного технологического состояния в другой обусловлены влиянием эксплуатационных факторов на потенциальные свойства конструкций. Потенциальные факторы, связанные с производством автомобилей и комплектующих, считают постоянными. К эксплуатационным факторам относятся: дорожные, климатические условия, режим эксплуатации, качество эксплуатационных материалов, квалификация водителя и условия хранения. Отмечается, что самыми важными технологическими факторами, которые влияют на расход запасных частей, являются производственные возможности СТО, такие, как мощность предприятия и специализация рабочих постов.

Обобщая опыт предыдущих исследований [6, 7], выделим семь групп факторов, которые влияют на потребность предприятия автосервиса в запасных частях.

Первая группа факторов состоит из двух подгрупп: маркетинг и менеджмент.

Подгруппа «Маркетинг» состоит из четырех факторов: количество автомобилей в эксплуатации; объем продаж новых автомобилей; объемы ТО и ремонта предыдущих лет; объемы продаж запасных частей предыдущих лет. С изменением численности моделей автомобилей, которые эксплуатируются в районе расположения предприятия, меняется и потребность в запасных частях для данных моделей автомобилей. Предприятие должно быть готовое к появлению на рынке новых серийных автомобилей, для которых еще не существует статистики расхода запасных частей, а есть только нормы, разработанные изготовителем. У руководящих фирм - производителей автомобилей проводится постоянное восстановление модельного ряда. Период выпуска даже самых популярных моделей не превышает 6 – 8 лет. Учет третьего и четвертого факторов данной группы позволяет анализировать динамику расхода запасных частей и на основе анализа осуществлять прогнозы потребности в запасных частях.

Подгруппа «Менеджмент» состоит из шести факторов: реклама; постоянная клиентура; система складов; скорость поставки запасных частей; скорость удовлетворения заявок на ТО и ремонт (время ожидания); цены на запасные части и услуги. Эффективная рекламная деятельность содействует привлечению клиентов на предприятие автосервиса. Наличие постоянных клиентов также является значительным фактором. От наличия современной системы складов зависит своевременная обработка заказов и доставка запасных частей, и как следствие, конкурентоспособность предприятия на рынке. Недостатком большинства дилерских сетей предприятий автосервиса являются значительные сроки поставки запасных частей. Учет влияния шестого фактора позволяет оценивать изменение потребности в запасных частях в зависимости от уста-

новления и изменения цен на запасные части и услуги автосервиса. Гибкая ценовая политика делает спрос управляемым.

Вторая группа факторов – парк автомобилей, которые обслуживаются. От разнообразия модельного ряда обслуживаемых автомобилей, зависит объем номенклатуры запасных частей, необходимых для его обслуживания и ремонта. Одним из самых важных факторов второй группы является структура парка по возрасту и пробегу. На основе получаемой внешней информации о возрасте и пробеге автомобилей выделяется сегмент рынка (часть парка, владельцы которого воспользуются услугами СТО).

Третья группа факторов – условия эксплуатации. В данную группу включен такой фактор, как «квалификация водителя, который эксплуатирует автомобиль». Как правило, квалификация водителей - клиентов предприятия автосервиса ниже квалификации водителей - профессионалов, что является характерным отличием предприятий автосервиса от автотранспортных предприятий.

К четвертой группе факторов принадлежат методы ТО и ремонта. От качества ТО и ремонта зависит число отказов, которые возникают в процессе эксплуатации. Надлежащее качество работ позволяет снизить расход запасных частей в эксплуатации.

Пятая группа факторов – персонал предприятия. Качество выполняемых работ зависит от квалификации ремонтных рабочих. Эффективная организация производственного процесса и процесса обеспечения запасными частями предприятия зависит от квалификации инженерно - технического персонала. Мотивация персонала позволяет повысить качество оказываемых услуг.

Шестая группа – это факторы, связанные с производственной деятельностью СТО. К ним относятся мощность СТО (количество рабочих постов), специализация по видам работ и оснащенность предприятия технологическим оборудованием.

Очень важным является прогнозирование количества заездов клиентов на станцию для проведения работ по обслуживанию, ремонту и распределению этих заездов по видам работ.

Седьмая группа факторов – организация МТО. Эта группа значительно влияет на потребность в запасных частях. Факторы, которые входят в данную группу, являются наиболее управляемыми в условиях автосервиса. При прогнозировании потребности в конкретной детали важно знать оптимальный размер ее запаса на складе. Данная величина определяется, исходя из статистики расхода запасных частей в предыдущие периоды работы предприятия. Она должна покрывать возможные опережения спроса на данную запасную часть. Учет влияния шестого фактора позволяет оценивать изменение потребности в запасных частях в зависимости от установления и изменения цен на запасные части и услуги автосервиса. Гибкая ценовая политика делает спрос управляемым.

В работе [25] сформулированные основные методические принципы прогнозирования потребности в запасных частях предприятий автотранспортного комплекса. Основными принципами являются:

- разработка баланса запасных частей на основе уточненных прогностических оценок норм расходов, норм запасов и планированного объема восстановления изношенных деталей;
- полное соответствие по степени обобщенности, периоду планирования, условиям эксплуатации и уровню надежности машин, а также между прогнозными значениями норм расхода и всей системой показателей, используемой в расчетах потребности.

В работе также отмечается, что для ремонтных предприятий прогнозирование потребности в запасных частях базируется на четко спланированной программе ТО и ТР на весь период прогнозирования.

В работах [26, 27, 28] выделяют три уровня прогнозирования потребности в запасных частях. Прогнозирование на первом уровне проводится на этапах проектирования и доведения новой конструкции (прогнозирование потребности на стадии разработки новой модели автомобиля); второй уровень отвечает этапу эксплуатационных испытаний исследованной партии автомобилей; третий – отвечает этапу непосредственной эксплуатации серийной партии автомобилей.

В данной работе отмечается, что для прогнозирования потребности в запчастях на третьем уровне целесообразно использовать метод экстраполяции. В общем случае модель прогноза включает три составляющих и записывается в виде:

$$y_t = \bar{y}_t + v_t + \varepsilon_t, \quad (1.6)$$

где y_t – прогнозное значение временного ряда;

\bar{y}_t – среднее значение прогноза (тренд);

v_t – составляющая прогноза, который отображает сезонные колебания (сезонная волна);

ε_t – случайная величина отклонения прогноза.

1.3 Анализ современного парка обслуживаемых автомобилей

В исследовании Хлявича А. И. [10] зависимость потребности в запасных частях от мощности СТО выражалась через A_{in} – количество автомобилей, которые планируются к заезду на предприятие, причем для определения этого количества автомобилей никакой методики не существовало. Предвиденное число заездов, которые прогнозировали, выходя со статистики предыдущих лет работы предприятия и общей тенденции к увеличению числа заездов. При составлении такого прогноза могут возникнуть противоречие, потому что для прогнозируемого количества заездов на СТО возможно, например, не хватит количества ремонтных мощностей. Поэтому, используя для расчетов данные прогнозы, необходимо учитывать реальные возможности СТО.

В исследованиях [10] рассматривалась также зависимость Q от распределения автомобилей по возрастным группам и пробегу. Данное распределение не отвечает современной структуре автомобильного парка. На предлагаемое распределение повлиял тот факт, что выпуск базовой модели автомобилей, которую обследовали в работе, начался приблизительно за 7 лет до начала проведения исследований. Определить распределение автомобилей на группы по их

пробегу в настоящее время также тяжело. На оценочную стоимость автомобиля, в основном, влияет год выпуска и техническое состояние автомобиля, а пробег является менее значимым фактором. Образно говоря, возраст автомобиля определяет готовность клиента к объемам работ и стоимости ремонта. С другой стороны, в зависимости от пробега автомобиля с начала эксплуатации производителем регламентируются проведения ТО с заменой определенной номенклатуры запасных частей. Необходимо также отметить, что в настоящее время годовые пробеги автомобилей по сравнению с пробегами в предыдущие года значительно увеличились. В работе [25] средний годовой пробег автомобилей, которые принадлежат частным лицам, принимался равным 15 тыс. км. В это время средний годовой пробег автомобилей, эксплуатируемых в ДНР, превышает 10 тыс. км. При этом много автовладельцев, которые купили не новый автомобиль, не могут дать информацию о реальном пробеге своего автомобиля с начала эксплуатации.

Важность вопроса группировки автомобилей по возрасту и пробегу обусловлено тем, что с увеличением возраста и пробега автомобилей не только возрастает расход запасных частей, но и меняется номенклатура расходующихся деталей. С увеличением возраста автомобилей растут также объемы технического обслуживания у официальных дилеров СП ООО «Риво - Моторс». На пробеге 100 тыс. км общие накопленные затраты владельца автомобиля марки Volkswagen на проведение плановых ТО достигают 430357,2 руб., что составляет более 10% от первоначальной стоимости нового автомобиля (в том числе на запасные части 4 – 5%). Необходимо также отметить, что гарантийный срок эксплуатации автомобиля Фольксваген, приобретенного у официального дилера, составляет 3 года или 100 тыс. км пробега. Замена тормозных колодок, ламп освещения, щеток стеклоочистителя и некоторых других деталей проводится за счет владельца автомобиля, потому что заводская гарантия на них не распространяется. Дополнительные затраты на данные детали и их замену увеличивают общие затраты на ТО на 3 – 5%.

Основными критериями, которые определяют надежность той или иной марки автомобиля, являются статистические данные автомобильного рынка Евросоюза. Надежность конкретной модели в списках TUV определяется процентом автомобилей с выявленными дефектами на 1000 автомобилей данной модели. Согласно данным, опубликованным TUV, в 2017 году под проверку попало более 7,5 млн. машин (согласно правилам, ежегодный техосмотр обязательный только для машин старше трех лет, поэтому в рейтинге отсутствуют данные по новым моделям). По статистике TUV десятка самых популярных марок автомобилей периода эксплуатации 4 – 5 лет в настоящий момент выглядит так:

Toyota Prius

Mazda 2

Toyota Auris

Toyota Corolla Verso и Smart Fortwo

Mercedes – C Класса

Porsche Cayenne и Porsche Boxster

Porsche 911

Volkswagen Golf Plus

Необходимость эффективного прогнозирования потребности в запасных частях обусловлена также высокими темпами роста продаж новых автомобилей.

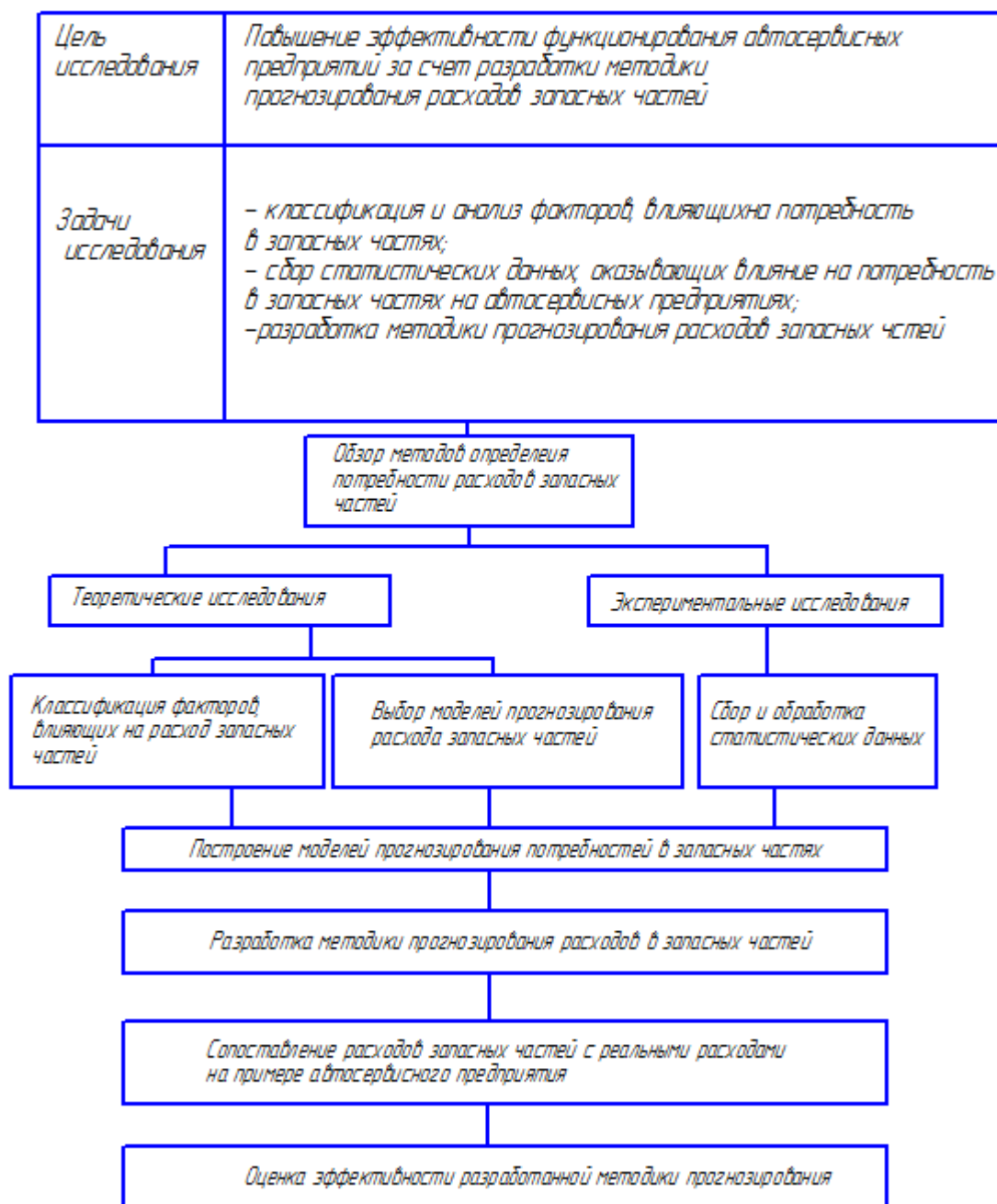


Рисунок 1.2 – Методика проведения исследований по данной теме

1.4 Цель и задачи исследования

Основной целью данной работы является повышения эффективности функционирования предприятий автосервиса за счет разработки методики прогнозирования расходов запасных частей на предприятиях автосервиса

Достижение поставленной цели связано с решением следующих задач:

- классифицировать и систематизировать анализ факторов, которые влияют на потребность в запасных частях;

- исследовать статистические данные расходов запасных частей на примере автосервисного предприятия СП ООО «Риво-Моторс»;
- разработать методику прогнозирования расходов запасных частей;

Предприятие автосервиса дилерской сети, которые занимаются обслуживанием автомобилей производства Volkswagen, избрано в качестве объекта проведения исследований в связи с ростом в последние годы удельной численностью автомобилей данной марки.

Общая методика исследования представлена на рис. 1.3.

Проведенные исследования состоят из нескольких этапов.

На начальном этапе исследований проводится анализ предыдущих работ в области определения потребности в запасных частях предприятий автосервиса.

На этапе теоретических исследований проводится разработка классификации факторов, которые влияют на потребность в запасных частях, выбор математического аппарата для прогнозирования потребности в запасных частях.

На этапе экспериментальных исследований проводится анализ особенностей функционирования предприятия автосервиса, которое является объектом проведения исследований, сбор и обработка экспериментальных данных. Выбираются прикладные компьютерные программы для прогнозирования потребности в запасных частях, и производится построение моделей прогнозирования.

1.5 Выводы по первому разделу

1. В предыдущих исследованиях по вопросам определения потребностей в запасных частях предприятий автосервиса учитываются отдельные факторы или группы факторов, которые влияют на удовлетворение потребности в номенклатуре запасных частей. Разработаны методики по определению потребностей в запасных частях.

2. С учетом современных условий функционирования предприятий автосервиса необходимый учет некоторых дополнительных факторов, которые влияют на потребность в запасных частях, определение их места в классификации, а

также выявление связей между самими факторами.

3. Дилерские предприятия автосервиса имеют большое количество конкурентов. Недостатки в системе материально-технического обеспечения ведут к снижению конкурентоспособности предприятия по всем направлениям деятельности.

4. Расходы владельца автомобиля на запасные части представляют значительную часть в общих расходах на эксплуатацию автомобиля. Доходы предприятия от продажи запасных частей могут превышать доходы от проведенных работ по ТО и ремонту. Номенклатура запасных частей меняется с ростом возраста и пробега автомобилей.

5. Высокие темпы роста автомобильного парка способствуют увеличению потребности предприятий автосервиса в запасных частях и материалах, необходимых для их эксплуатации.

6. Анализ существующей на предприятии системы заказов и статистических коэффициентов, используемых при управлении запасами, показал, что характерной особенностью управления запасами на предприятии автосервиса является «замораживание» заказов. Эта особенность использована при построении блок-схем процесса формирования заказа для пополнения склада и общего процесса управления запасами на предприятии. При анализе системы управления запасами установлено, что источником роста неликвидных запасов на складе предприятия является возвращение деталей по сервисным заказ - нарядам, а также заказ деталей для пополнения склада.

2 Методические основы прогнозирования расхода запасных частей на автосервисных предприятиях

2.1 Особенности управления запасами на предприятиях автосервиса

Система обеспечения запчастями на СТО является системой массового обслуживания, поскольку отвечает основным признакам этой системы. Запасные части, которые тратятся на СТО, составляют случайный поток требований, спрос на запасные части в этом случае, как отмечалось в предыдущих исследованиях [7], описывается распределением Пуассона:

$$P_{ka} = \frac{a^k}{k!} e^{-a}, \quad (2.1)$$

где P_{ka} – вероятность того, что количество необходимых запасных частей будет равно k при среднем количестве расходуемых запчастей;

a – расход запчастей за целочисленные промежутки времени.

Поток потребности запасных частей для существующих предприятий автосервиса разделяется на несколько составляющих в зависимости от специализации предприятия и объемов запасных частей, потребляемых его отделами. Современные предприятия автосервиса (особенно это присуще предприятиям дилерской сети) имеют кроме собственной сервисной базы еще и отдел розничной продажи запасных частей. Кроме того, на предприятии есть собственный парк автомобилей для производственно-хозяйственных нужд, отдел продажи новых и старых автомобилей, а на некоторых еще и служба проката автомобилей.

В общем случае расход запасных частей современного предприятия автосервиса дилерской сети будет выглядеть так:

$$Q = Q_{то} + Q_{маг} + Q_{соб} + Q_{прок} + Q_{ас}, \quad (2.2)$$

где $Q_{то}$ – потребность в запасных частях предприятия для проведения ТО и ремонта автомобилей клиентов;

$Q_{маг}$ – потребность в запасных частях отдела продажи запасных частей;

$Q_{соб}$ – потребность в запасных частях парка автомобилей для производственно-хозяйственных нужд;

$Q_{прок}$ – потребность в запасных частях отдела проката автомобилей;

$Q_{ас}$ – потребность в запасных частях отдела продажи автомобилей.

Расход запасных частей вспомогательными службами СТО можно объединить в одну общую составляющую расхода запчастей, потому что ремонтные воздействия на парк собственных автомобилей предприятия осуществляются, как правило, силами сервисной службы, исключением является только составляющие расходы, которые приходятся на отдел продажи запасных частей. В общем случае, потребность в запасных частях (Q) для такого предприятия будет выглядеть следующим образом:

$$Q = Q_{серв} + Q_{маг}, \quad (2.3)$$

где $Q_{серв}$ – общая потребность в запасных частях автосервисной службы;

$Q_{маг}$ – потребность в запасных частях отдела продаж (магазина) запасных частей.

На рисунке 2.1 представлено приблизительное распределение расходов запасных частей между основными подразделениями автоцентра СП ООО «Риво - Моторс» г. Донецк по итогам 2017 г.

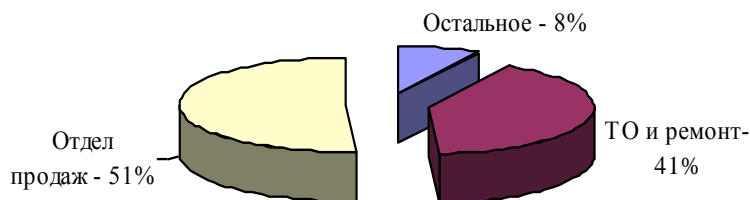


Рисунок 2.1 – Распределение расходов запасных частей между отделами предприятия

Если для расчетов потребности в запасных частях автосервисной службе ($Q_{серв}$) необходимо наличие достоверной информации об эксплуатационных факторах и о составе парка автомобилей, то для расчетов потребности в запасных частях для магазина запасных частей ($Q_{маг}$) получение такой информации значительно усложняется.

Принимая во внимание, что при больших значениях количества запчастей по закону распределения Пуассона с приемлемым приближением может быть описано нормальным законом распределения. Воспользуемся им для определения $Q_{маг}$.

Для нормального закона распределения вероятность того, что $Q_{маг}$ будет меньше, чем $Q + Z\sigma$.

$$P(-\infty < Q_{маг} < Q + Z\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (2.4)$$

где Q – математическое ожидание распределения;

z – нормированное отклонение от среднего значения;

σ – среднеквадратичное отклонение.

Задаваясь вероятностью P , определим величину z :

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-t^2/2} dt = P. \quad (2.5)$$

Необходимое количество запчастей необходимой номенклатуры будет:

$$Q_{\text{маг}} = Q + z\sigma, \quad (2.6)$$

где Q и σ – математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение соответственно.

Вместе с тем, специфика предприятий автосервиса предусматривает прогнозирование потребности в запасных частях на сравнительно короткие промежутки времени (как правило, не более месяца), и если при проведении экспериментальных исследований будет выявлено, что расход запасных частей не подчиняется описанным зависимостям, использовать данную модель прогнозирования будет нецелесообразно.

Рассматривая расход запасных частей на предприятии как две различных составляющих, возможно возникновение ряда сложностей:

- увеличение объема вычислений при определении потребности в запасных частях;
- отсутствие статистической информации по расходу запасных частей каждым отделом по отдельности;
- собранная статистика расходов запасных частей отдельно для каждого отдела не в полной мере отображает характер движения запасных частей от поставщика к потребителю. Например, запасные части, купленные в магазине запасных частей, могут устанавливаться в отделе сервиса того же предприятия. Или из-за ограниченных возможностей сервиса мастер может рекомендовать клиенту установку деталей на другом предприятии купленных в магазине этого автосервиса.

Таким образом, в рамках данного исследования, необходимо проанализировать статистику расходов запасных частей автосервисной службой и магазином отдельно, чтобы показать тенденцию изменения расходов и выбрать математический аппарат для прогнозирования потребности в запасных частях, который обеспечит максимальную точность прогноза.

В практических расчетах для прогнозирования изменения параметров различных систем, в том случае, если имеется информация о факторах, которые влияют на данный параметр, часто используются регрессионные модели. Для учета влияния различных факторов на расход запасных частей и установление плотности связей между самими факторами необходимо построение многофакторной регрессионной модели.

Расход запасных частей в этом случае будет результативным признаком, а остальные переменные будут факторными признаками $x_1 \dots x_m$.

В общем случае уравнение регрессии для прогнозирования потребности в запасных частях выглядит следующим образом:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m, \quad (2.7)$$

где переменные $x_{1..m}$ — являются факторными признаками.

В модель войдут только те факторы, количественный учет и прогнозирование изменения которых возможно сделать в условиях предприятия автосервиса.

Чтобы построить многофакторную регрессионную модель результативного признака, необходимо предварительно отобрать факторные признаки в модель. С этой целью исчисляются коэффициенты парной корреляции $(r_{yx1}, r_{yx2}, r_{y1x2})$. Например:

$$r_{yx1} = \frac{\overline{yx_1} - \bar{y}\bar{x_1}}{\sigma_y \sigma_{x1}}, \quad (2.8)$$

где σ_y и σ_{x1} — среднеквадратичные ошибки соответствующих выборок.

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}}; \quad \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}. \quad (2.9)$$

Факторы, коэффициенты парной корреляции которых с результативным признаком y ниже заданного уровня значимости, в модель не вводятся. При проведении практических расчетов потребности в запасных частях примем заданный уровень значимости равным 0,05.

Далее проводится проверка на наличие мультиколлинеарных факторных признаков. Из каждой пары таких признаков в модель выбираем одну (признак с самым большим коэффициентом r_{yx}). При отборе факторов в модель прогнозирования потребности в запасных частях признаком мультиколлинеарности факторов будет значение коэффициента парной корреляции более 0,8.

Оценки параметров модели a_0, a_1, \dots, a_n уравнения регрессии с помощью метода наименьших квадратов представим в матричном виде.

Примем следующие обозначения:

$$\alpha = (\alpha_j) \quad j = 0, 1, \dots,$$

m – вектор неизвестных параметров;

$a = (a_j)$ – вектор оценок параметров;

$y = (y_i), i = 1, \dots,$

n – вектор значений зависимой переменной;

$X = (X_{ij})$ – матрица значений независимых переменных размерностью

$n \cdot (m+1)$; $\varepsilon = \varepsilon(i)$ – вектор ошибок в модели;

$e = (e_i)$ – вектор ошибок в уравнении с оцененными параметрами.

В обычной записи вектор понимается, как вектор-столбец, то есть матрица размерностью $n \cdot 1$.

Уравнение регрессии с оцененными параметрами имеет вид:

$$\hat{y} = X \cdot a + e. \quad (2.10)$$

Сумма квадратов отклонений равна:

$$Q = \sum e_i^2 = e^T \cdot e = (y - X \cdot a)^T (y - X \cdot a) = y^T \cdot y - a^T X^T \cdot y - y^T \cdot X \cdot a + a^T \cdot X^T \cdot a = y^T \cdot y - 2 \cdot a^T \cdot X^T \cdot y + a^T \cdot X^T \cdot X \cdot a. \quad (2.11)$$

Дифференцируя Q по a, получим:

$$\frac{\delta Q}{\delta a} = -2X^T \cdot y + 2a \cdot (X^T \cdot X). \quad (2.12)$$

Приравнявая производную к нулю, получим выражение для определения вектора оценки a:

$$\begin{aligned} X^T \cdot y &= X^T \cdot x \cdot a, \\ a &= (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot y). \end{aligned} \quad (2.13)$$

В рассмотренном уравнении регрессии матрицы коэффициентов при неизвестных параметрах имеют вид:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}. \quad (2.14)$$

Так как,

$$X^T \cdot X = \begin{bmatrix} n & \sum x_{i1} & \dots & \dots & \sum x_{im} \\ \sum x_{i1} & \sum x_{i1}^2 & \dots & \dots & \sum x_{i1} \times x_{im} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum x_{im} & \sum x_{i1} \times x_{im} & \cdot & \cdot & \sum x_{im}^2 \end{bmatrix}; \quad (2.15)$$

$$X^T \cdot y = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i \cdot x_{i1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum y_i \cdot x_{im} \end{bmatrix}. \quad (2.16)$$

Результат выполняется по числу наблюдений m .

Вычисление параметров уравнения регрессии – трудоемкий процесс. Существующие в настоящее время пакеты прикладных компьютерных программ производят его автоматически.

После вычисления коэффициентов частичной корреляции, определим коэффициент множественной корреляции r_y , который характеризует плотность связи результативного и факторных признаков и, в общем случае, определяется по формуле:

$$r_y = \sqrt{\frac{\sigma_{y1,2\dots m}}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{y(2\dots m)}}{\sigma_y^2}}, \quad (2.17)$$

где $\sigma_{y1,2\dots m}$ – факторная дисперсия;

$\sigma_{y(1,2\dots m)}$ – окончательная дисперсия;

σ_y^2 – дисперсия результативного признака.

$$\sigma_{y1,2,...m}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad \sigma_{y(1,2,...m)}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}; \quad \sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (2.18)$$

где \hat{y}_i – расчетное значение результативного признака;

\bar{y} – среднее значение результативного признака.

Принятая форма записи индексов означает:

$\sigma_{y1,2,...m}^2$ – дисперсия \hat{y}_i , полученная с учетом факторов x_1, x_2, \dots, x_m ;

$\sigma_{y(1,2,...m)}^2$ – дисперсия \hat{y}_i , полученная по элиминации влияния x_1, \dots, x_m ;

Чем плотнее фактические значения y_i располагаются относительно линии регрессии, тем меньше окончательная дисперсия (больше факторная дисперсия) и, как следствие, больше величина r_y .

Таким образом, коэффициент множественной корреляции, как и величина остаточной дисперсии, характеризует качество подбора уравнения регрессии.

Для проверки качества регрессионной модели необходимо оценить значимость коэффициента множественной корреляции. Эта оценка проводится при помощи t-статистики Стьюдента [5] путем проверки на равенство нулю k-го коэффициента регрессии ($k=1, 2, \dots, m$). Расчетное значение t-критерия с числом степеней свободы ($n - m - 1$) находят путем распределения k-го коэффициента регрессии на среднеквадратичное отклонение этого коэффициента δ_{ry} . В этом случае:

$$\sigma_{ry} = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-m-1}}; \quad t_{\text{расчетн}} = \frac{r_y}{\sigma_{ry}} = r_y \cdot \sqrt{\frac{n-m-1}{1-r^2}}. \quad (2.19)$$

Вычисленное значение $t_{\text{расчетн}}$ сравнивается с критическим t_k , которое берется из таблицы значений t критерия Стьюдента с учетом заданного уровня значимости и числа степеней свободы k.

Если расчетное значение t больше критического, то коэффициент корреляции считается значимым и связь между результативным признаком и совокупностью факторных признаков тесная.

Далее анализируем множественную регрессионную модель. Оценка значимости этой модели проводится с помощью F-Критерия Фишера [19, 20]. При этом, выдвигается гипотеза о равенстве нулю коэффициентов уравнения регрессии ($a_1 = a_2 = \dots a_m = 0$) – модель незначима.

Фактическое значение F-Критерия Фишера определяется по формуле:

$$F_{\text{расчетн}} = \frac{r_y^2}{1-r} \cdot \frac{n-m-1}{m}, \quad (2.20)$$

где m – число параметров уравнения регрессии.

Величина $F_{\text{расчетн}}$ сравнивается с $F_{\text{кр}}$ значение которой определяется по таблице F-Критерия с учетом принятого уровня значимости и числом степеней свободы $k_1 = n - 1$ и $k_2 = m - 1$. Если расчетное значение критерия больше критического, то будет справедлива конкурирующая гипотеза, то есть многофакторная модель – значима.

На практике не все программы предусматривают подробный анализ построенной регрессионной модели. При использовании стандартных пакетов прикладных программ для расчетов потребности в запасных частях преимущество отдадим тем пакетам, которые выполняют оценку качества и значимости регрессионной модели.

Для оценки части изменения (вариации) результативного признака под воздействием факторных признаков служит коэффициент детерминации $D = r \cdot y^2$ [19, 20].

Прямое сравнение коэффициентов регрессии возможно в том случае, если эти коэффициенты выражаются в одинаковых единицах. Большинство факторов, которые влияют на потребность в запасных частях, имеют разные единицы измерения (в километрах, штуках, днях и т.д.).

Чтобы сделать коэффициенты регрессии сравнимыми, необходимо приме-

ние нормированных коэффициентов регрессии β_j [19, 20]. Коэффициент β_j показывает величину изменения результативного признака в значениях среднеквадратичной ошибки при изменении факторного признака x_j на одну среднеквадратичную ошибку:

$$\beta_j = a_j \cdot \left(\frac{\sigma_{x_j}}{\sigma_y} \right), \quad (2.21)$$

где a_j – коэффициент регрессии при x_j факторе;

σ_{x_j} и σ_y – среднеквадратичная ошибка факторного и результативного признаков соответственно.

Чтобы оценить, на сколько процентов изменится результативный признак, если значение одного из факторных признаков изменится на 1%, вычислим коэффициенты эластичности.

$$\Theta_j = \frac{\partial \hat{y}}{\partial x_j} \cdot \frac{x_j}{\hat{y}}, \quad (2.22)$$

где $\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_j}$ – частная производная от регрессии по переменной x_j ;

x_j – значение фактора x_j на заданном уровне;

\hat{y} – расчетное значение результативного признака при заданных уровнях факторных признаков

Для прогнозирования потребности в запасных частях с помощью многофакторной регрессионной эконометрической модели на L шагов вперед необходимо знать прогнозные значения всех входных в модель факторов. Эти значения могут быть получены на основе методов экстраполяции, например, с помощью средних абсолютных приростов факторных признаков. Прогнозные значения факторов подставляют в модель и получают точечные прогнозные оценки потребности в запасных частях деталей необходимой номенклатуры. Если в ходе дальнейших исследований бу-

дет выявлено, что применение линейной многофакторной модели нецелесообразно, то зависимость потребности в запасных частях от факторных признаков будет описываться нелинейными уравнениями,

В этом случае для оценки параметров регрессии необходимо привести уравнение регрессии к линейному виду. Линеаризация может быть обеспечена логарифмированием [29]. Недостатком логарифмирования является то, что оценки параметров регрессии выходят смещенными.

В общем случае, оценивание нелинейных параметров регрессии осуществляют с помощью нелинейного метода наименьших квадратов. Для этого минимизируется сумма квадратов отклонений расчетных $f(a_1, a_2)$ и фактических значений y_i результативного признака:

$$Q = \sum e_i^2 = \sum [y_i - f(a_1, a_2, \dots)]^2. \quad (2.23)$$

путем дифференцирования Q по параметрам a_j .

В результате получим систему нормальных уравнений. Система, которая линеаризует путем разложения в ряд Тейлора, и далее используется линейный метод наименьших квадратов.

В условиях предприятия автосервиса, когда необходимо прогнозирование потребности в запасных частях на краткосрочный период, наиболее важными являются последние показатели реализации запасных частей, что особенно характерно для магазина запасных частей. В этом случае целесообразно использовать адаптивные модели прогнозирования, которые учитывают неравноценность уровней временного ряда.

Для прогнозирования потребности в запасных частях используем адаптивную модель прогнозирования, которая базируется на схеме скользящего среднего. Согласно схеме скользящего среднего, оценкой текущего уровня является взвешенное среднее всех предыдущих уровней, причем веса при наблюдениях убывают в меру отдаления от следующего уровня, то есть информационная ценность наблюдения считается тем большей, чем ближе к концу интер-

вала наблюдений.

Реакция на ошибку прогноза в модели, которая базируется по данной схеме, определяется при помощи параметров сглаживания (адаптации), значения которых могут меняться от нуля до единицы. Высокое значение этих параметров (выше 0,5) означает придание большего веса последним уровням ряда, а более низкое (менее 0,5) – предыдущим наблюдением. Как показал анализ рядов значений потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса, значение параметров сглаживания должно находиться в пределах от нуля до 0,5.

Для непосредственных расчетов предполагается использовать базовую модель по схеме скользящего среднего – модель Брауна, которая представляет процесс развития, как линейную тенденцию с постоянно непостоянными параметрами. Для построения линейной адаптивной модели Брауна необходим временной ряд длиной N . Например, при прогнозировании потребности в запасных частях по месяцам года указанный ряд будет состояться из значений реализации запасных частей в предыдущие месяцы работы предприятия. Прогноз значения потребности на k шагов осуществляется по формуле:

$$Y(t+k)=A_0+A_1 \cdot k, \quad (2.24)$$

где коэффициент A_0 – значение, близкое к последнему значению величины потребности в запасных частях, и представляет собой закономерную составляющую этой величины. Коэффициент A_1 определяет прирост, который сформировался в основном до конца периода наблюдений, но, отображает (правда в меньшей мере) скорость роста на более ранних этапах.

По первым пяти точкам ряда оцениваются начальные значения A_0 и A_1 параметров модели при помощи метода наименьших квадратов для линейной аппроксимации: $Y_p(t,k)=A_0(t)+A_1 \cdot k$ ($t=1,2,...5$). С использованием полученных значений параметров A_0 и A_1 находим прогноз на один шаг ($k=1$):

$$Y_p(t, k) = A_0(t) + A_1(t) \cdot k. \quad (2.25)$$

Расчетное значение потребности в запасных частях сравнивается с его фактическим показателем и вычисляется величина их расхождения (ошибка).

При $k = 1$ имеем: $e(t + 1) = Y(t + 1) - Y_p(t, 1)$. Соответственно, по этой величине корректируются параметры модели. Модификация осуществляется следующим образом:

$$\begin{aligned} A_0(t) &= A_0(t-1) + A_1(t-1) + \alpha^2 e(t); \\ A_1(t) &= A_1(t-1) + \alpha^2 e(t), \end{aligned} \quad (2.26)$$

где α – параметр сглаживания, оптимальное значение которого находится итеративным путем, то есть многократным построением модели при различных значениях α и выбором наилучшего;

$e(t)$ – ошибка прогнозирования уровня $Y(t)$, вычисленная в момент времени на один шаг вперед.

Необходимо отметить, что указанная методика должна обеспечивать хорошие результаты при существовании постоянной тенденции изменения расхода запасной части, близкой к линейной зависимости.

Для анализа и прогнозирования внутригодовых колебаний спроса может быть использована модель внутригодовых колебаний при помощи рядов Фурье.

Периодическую функцию $\varphi(t)$ можно представить в виде суммы конечного или бесконечного множества синусоидальных величин:

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= A_0 + A_1 \cdot \sin(\omega t + \alpha_1) + A_2 \cdot \sin(2\omega t + \alpha_2) + A_3 \cdot \sin(3\omega t + \alpha_3) \dots \\ &A_0 + \sum A_n \cdot \sin(n\omega t + \alpha_n). \end{aligned} \quad (2.27)$$

Геометрически это означает, что график периодической функции получают путем наложения ряда синусоид, сложное колебание которых характеризуется функцией $\varphi(t)$ и раскладывается на отдельные гармонические колебания. Отдельные синусоидальные величины, входящие в состав разложения

(2.28), называются гармоническими составляющими функции $\varphi(t)$ или просто ее гармониками (первой, второй и т. д.). Сам процесс разложения периодической функции на гармоники называется гармоническим анализом.

Для разложения в ряд Фурье необходимо чтобы исходная функция $\varphi(t)$ в интервале $(a, a+2l)$ удовлетворяла условиям Дирихле, а именно:

- равномерно ограниченная, то есть $|\varphi(t)| \leq M$ при $a < x < a+2l$, где M постоянная;
- имеет не более, чем конечное число точек разрыва, и все они 1-го рода;
- имеют конечное число точек строгого экстремума;
- $\varphi(t)$ – непрерывная или кусочно - непрерывная в интервале $(a, a+2l)$. В этом случае справедливо разложение:

$$\begin{aligned} \varphi(x) = & a_0 + a_1 \cdot \cos \frac{\pi x}{l} + b_1 \cdot \sin \frac{\pi x}{l} + a_2 \cdot \cos \frac{2\pi x}{l} + b_2 \cdot \sin \frac{2\pi x}{l} + \dots \\ & \dots a_n \cdot \cos \frac{n\pi x}{l} + b_n \cdot \sin \frac{n\pi x}{l} = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cdot \cos \frac{n\pi x}{l} + b_n \cdot \sin \frac{n\pi x}{l} \right), \end{aligned} \quad (2.28)$$

$$\text{где } a_n = \frac{1}{l} \int_a^{a+2l} f(x) \cos \frac{n\pi x}{l} dx, b_n = \frac{1}{l} \int_a^{a+2l} f(x) \sin \frac{n\pi x}{l} dx.$$

При аналитическом выражении изменения уровней временного ряда используем формулу:

$$y_t = a_0 + \sum (a_k \cdot \cos kt + b_k \cdot \sin kt), \quad (2.29)$$

где k определяет номер гармоники, который используется с различной степенью точности (обычно от 1 до 4).

При решении уравнения параметры определяются на основе положения метода наименьших квадратов. Определяя для функции частные производные и приравнивая их к нулю, получаем систему нормальных уравнений, параметры которых исчисляются по формулам:

$$a_0 = \frac{\sum y_t}{n}; \quad a_k = \frac{2}{n} \sum y_i \cdot \cos kt_i; \quad b_k = \frac{2}{n} \sum y_i \cdot \sin kt_i. \quad (2.30)$$

При анализе ряда изменения расхода запасных частей значения n принимаются равными 12. Представляя месячные периоды как части круга, ряд внутригодовой динамики можно записать в виде таблицы 2.1:

Таблица 2.1 – Месячные периоды как части окружности

Периоды (t_i)	0	$\frac{1}{6}\pi$	$\frac{1}{3}\pi$	$\frac{1}{2}\pi$	$\frac{5}{6}\pi$	π	$\frac{7}{6}\pi$	$\frac{4}{3}\pi$	$\frac{3}{2}\pi$	$\frac{1}{6}\pi$	$\frac{5}{3}\pi$	$\frac{11}{6}\pi$
Уровни (y_i)	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}	y_{11}	y_{12}

Для реализации данных расчетов при помощи персонального компьютера необходима информация о расходах запасных частей в предыдущие месяцы работы предприятия (не менее чем за 12 месяцев).

2.2 Разработка методических принципов выбора математических моделей для прогнозирования потребности в запасных частях

Прежде чем приступить к расчетной части работы, необходимо выполнить отбор рассмотренных математических моделей с учетом специфических особенностей функционирования предприятия автосервиса и его системы.

Сформулируем следующие методические принципы выбора математических моделей для прогнозирования потребности в запасных частях предприятий автосервиса (рисунок 2.2)



Рисунок 2.2 – Методические принципы выбора математических моделей для прогнозирования потребностей в запасных частях

Приступая к анализу исходных данных, необходимо решить, какие данные наиболее актуальны при разработке прогноза. Не менее важно установить соответствующие функциональные зависимости, то есть данные должны быть согласованные.

При сборе информации должны быть отображены достоверные данные, подтвержденные отчетной документацией предприятия. Получение прогнозов

на заданном временном интервале предполагает непрерывную последовательность исходных данных. Объем собранной информации должен быть достаточным для построения моделей и получения прогнозов.

Модели прогнозирования должны реагировать на изменения динамики ряда наблюдений, то есть объективно отражать тенденции изменения расходов запасных частей на протяжении анализируемого временного интервала, иметь достаточную гибкостью, необходимую для учета и выравнивания отклонений в получаемых прогностических оценках. Модель должна иметь эмерджентность, то есть иметь свойства, присущие для модели в целом, которые не являются свойствами только одного конкретного элемента модели. Адекватность модели – основное требование, определяющее возможность использования построенной модели для прогнозирования. Для адекватных моделей имеет смысл ставить задачу оценки их точности. Точность модели характеризуется величиной отклонения результата модели от реального значения моделируемой переменной. Модели прогнозирования не должны терять своих свойств под влиянием случайных колебаний исходных данных.

Номенклатура запасных частей, которые постоянно расходуются, на дилерском предприятии автосервиса составляет несколько тысяч наименований. Проведение расчетов потребности в запасных частях возможно только в случае применения стандартных пакетов прикладных компьютерных программ.

На основании изложенных требований для следующих расчетов проводится выбор стандартных пакетов прикладных компьютерных программ.

Полный анализ математических моделей можно провести только после построения модели и получения прогноза потребности в запасных частях. Проанализируем ранее рассмотренные модели на соответствие только тем требованиям, которые не предполагают построения модели расхода и проведения предыдущих расчетов потребности в запасных частях. Результаты анализа модели представлены в таблице 2.1.

Формулы для расчетов потребности в запасных частях, основанные на применении нормативов (см. п. 1.2), не удовлетворяют большинства предла-

гаемых требований. Зарубежные производители автомобилей не устанавливают норм расхода запасных частей для дилеров. Количество автомобилей, которые обслуживаются, и структура парка по моделям, возрасту и пробегу постоянно меняются, и для конкретного предприятия автосервиса разработать нормы расхода запасных частей не представляется возможным.

Использование трендовых моделей прогнозирования возможно только при существовании постоянной тенденции в изменении расхода запасных частей. Если предположить, что рост расхода запасных частей на прогнозируемом промежутке времени сменится убылью, указанная модель «не ощутит» данного изменения. Модели, основанные на законах распределения случайной величины, также предполагают соответствие изменений расхода запасных частей кривой распределения.

Регрессионные модели дают возможность получения краткосрочного прогноза, но требуют значительного объема исходных данных. Они удовлетворяют требованию эмерджентности, и для них существуют стандартные пакеты прикладных компьютерных программ, которые адекватно описывают процесс моделирования.

Адаптивная модель прогнозирования удовлетворяет всем разработанным принципам, но неадекватно реагирует на случайные колебания исходных данных.

Таблица 2.2 – Результаты анализа моделей

Модели и методы	Обеспечение характеристик прогноза	Соответствие требованиям исходных данных		Соответствие требованиям моделей прогнозирования			Соответствие требованиям стандартных пакетов прикладных программ
	Соответствие заданному временному интервалу	Объем результатов	непрерывность внутри временного интервала	Адаптивность к изменению ряда наблюдений	Эмерджентность	Независимость от случайных колебаний исходных данных	Адекватность описания моделируемого процесса
Модели тренда	+	+	+	-	-	+	+
Регрессионные модели	+	-	+	-	+	+	+
Адаптивная модель Брауна	+	+	+	+	-	-	-
Модели с использованием ряда Фурье	+	+	+	-	-	-	+
Нормативные методы планирование	-	-	-	-	-	-	+
Нормальный закон распределения случайных величин	-	+	+	-	-	-	-

На основании вышесказанного, для прогнозирования потребности в запасных частях может быть использована адаптивная модель прогнозирования, а также, с определенными допущениями, регрессионная модель прогнозирования и модель прогнозирования на основе гармоник ряда Фурье.

2.3 Выбор пакетов прикладных компьютерных программ для определения потребности в запасных частях

Для получения количественных характеристик прогнозирования, необходимо выбрать модели, на основе которых будет разработана методика расчетов потребности в запасных частях.

Прежде чем применять указанную модель в практических расчетах, необходим анализ кривой расхода запасных частей.

В современной мировой практике фирмы широко применяют статистический аппарат для анализа результатов работы предприятий. Рынок программно-

го обеспечения предлагает потребителям более 1000 разных статистических программ.

На автомобильном транспорте в настоящее время эти программы нашли применение, как составные части программного обеспечения предприятий. Некоторые предприятия, применяя пакеты прикладных компьютерных программ (например, 1С), используют лишь стандартный состав этих программ, который не позволяет проводить всесторонние исследования протекающих процессов, и осуществляют расчеты только в рамках предложенных разработчиками функций. Другие, особенно большие предприятия автосервиса, которые входят в состав дилерской сети, имеют собственное программное обеспечение, способное оперативно реагировать на изменения в условиях работы предприятия. Обычно такие предприятия имеют специальный отдел, который занимается разработкой и совершенствованием существующего программного обеспечения, разработкой дополнительных модулей системы, потребность в которых возникает при работе других подразделов предприятия. Специалисты анализируют опыт работы прикладных программ и используют его при разработке собственного программного обеспечения.

Основную часть статистических пакетов представляют специализированные пакеты и пакеты общего назначения. Специализированные пакеты целесообразно применять в тех случаях, когда систематически нужно решать задачу в конкретной области деятельности. Из пакетов этого типа, можно выделить: REGRE, ЭВРИСТА, МЕЗОЗАВР, ОЛИМП. Эти пакеты содержат методы с одного - двух разделов статистики или методы, используемые для анализа конкретной области деятельности.

К статистическим пакетам общего назначения относятся: STADIA, STATGRAPHICS, SPSS, STATISTICA. Такие пакеты целесообразно применять на начальном этапе обработки информации, выборе модели для исследований и обучения основам статистики. Отличительной особенностью их является удобный интерфейс и широкий диапазон статистических методов.

Необходимо отметить, что вследствие высокой популярности статистических методов при анализе и обработке информации соответствующее математическое обеспечение стало включаться в табличные процессоры и базы данных. В частности табличный процессор MS Excel содержит в себе до 70 статистических функций. Поэтому, даже не имея под рукой статистических пакетов и программного обеспечения, которое позволяет делать необходимый анализ данных, специалист отдела запасных частей предприятия автосервиса, который владеет Excel, может использовать эти функции для прогнозирования потребности в запасных частях и обработки вспомогательных данных. Обязательным условием при этом является совместимость программного обеспечения предприятия с процессором Excel, то есть возможность осуществлять экспорт/импорт данных с одной программы в другую.

В данном исследовании для построения моделей прогнозирования и реализации расчетов потребности в запасных частях с использованием разработанного математического аппарата предлагаются к использованию средства MS Excel. С помощью электронных таблиц MS Excel построим адаптивные модели прогнозирования и модели, основанные на применении рядов Фурье для соответствующей номенклатуры деталей.

Расчеты потребности в запасных частях с использованием методов корреляционно - регрессионного анализа из-за большого объема вычислений выполним при помощи специализированной программы Regre 2.81.

2.4 Выводы по второму разделу

1. Выполнен анализ предыдущих исследований факторов, влияющих на потребность в запасных частях, необходимых для дальнейших исследований.
2. Разработан комплекс требований, предлагаемых к исходным данным, математическим моделям прогнозирования, пакетам прикладных компьютерных программ с учетом обеспечения характеристик прогноза.
3. На основе предложенного комплекса требований разработаны методические принципы выбора математических моделей, используемые для научно-

технического прогнозирования потребности предприятий автосервиса в запасных частях. При наличии информации о факторах, которые выявляют существенное влияние на потребность в запасных частях, необходимо использовать многофакторную регрессионную модель прогнозирования. В случае отсутствия информации об указанных факторах, целесообразнее применять адаптивную модель прогнозирования. При значительных сезонных колебаниях расхода запасных частей, для прогнозирования рекомендуется использовать модели, построенные на основе гармоник ряда Фурье.

Сформулированы требования к пакетам прикладных компьютерных программ по обзору возможности их применения для анализа расхода запасных частей предприятия автосервиса. Согласно требованиям сделан выбор прикладных программ. Для построения адаптивных моделей прогнозирования и моделей прогнозирования с использованием гармоник ряда Фурье выбрана программа MS Excel. Для построения регрессионных моделей будет использоваться программа Regre 2.81.

3 Разработка методики определения потребности в запасных частях на предприятиях автосервиса

3.1 Расчеты потребности в запасных частях с использованием математических моделей

3.1.1 Математическое моделирование системы

Прогнозирование потребности в запасных частях возможно лишь при условии использования исследованной информации о динамике расхода предприятием запасных частей с учетом возможных изменений наиболее значащих факторов, дает экспертное опрашивание специалистов, которые отвечают за обеспечения предприятия запасными частями.

Для оценки степени влияния факторов, влияющих на потребность в запасных частях, разработана анкета (см. приложение А), в которой предлагалось оценить влияние 33 факторов. Как было указано ранее, эти факторы делятся на 7 групп:

- управление;
- парк обслуживаемых автомобилей;
- условия эксплуатации;
- персонал;
- организация технического обслуживания и ремонта;
- производственно-техническая база;
- организация материально-технического обеспечения.

На вопрос анкеты ответили 12 специалистов СП ООО «Риво-Моторс» г. Донецк, которые организывают обеспечение и реализацию запасных частей на автосервисных предприятиях. Участникам опроса было предложено оценить значение факторов влияния по пятибалльной шкале. Фактор, наибольшего влияния оценивался в 5 баллов, а наименее значащий – 1 балл.

Из полученных оценок была составлена матрица ответов участников анкетирования:

$$\begin{array}{ccccc}
 x_{1,1} & x_{1,2} & x_{1,3} & \dots & x_{1,33} \\
 x_{2,1} & x_{2,2} & x_{2,3} & \dots & x_{2,33} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 x_{12,1} & x_{12,2} & x_{12,3} & \dots & x_{12,33}
 \end{array}, \quad (3.1)$$

где x_y – оценка фактора, который рассматривается (от 1 до 5);

$i = 1 \dots 12$ – номер анкеты;

$j = 1 \dots 33$ – номер фактора влияния.

Для непосредственной оценки степени влияния каждого из факторов подсчитывается коэффициент относительной значимости каждого фактора x_y отдельно для каждого участника опроса:

$$x_y = \frac{x_e}{\sum_{i=1}^{12} x_i}. \quad (3.2)$$

Вычислив данный коэффициент для каждого участника опроса, рассчитываем относительную значимость каждого фактора по оценкам участников опроса:

$$x_j = \frac{\sum_{i=1}^{33} x_i}{12}, \quad (3.3)$$

где x_j – коэффициент относительной значимости j -го фактора.

Таблица 3.1 – Значимость факторов, которые влияют на расход запасных частей

Факторы	Группы	Место в ранговом ряду	Коэффициенты значимости
Возрастная структура парка	2	1	0,0511
Интенсивность эксплуатации	3	2	0,0507
Методика расчетов потребности в запасных частях	7	3	0,0487
Транспортные, дорожное и природно-климатическое условия эксплуатации	3	4	0,0467
Структура парка по пробегу с начала эксплуатации	2	5	0,045
Мощность СТО	6	6	0,0446
Реклама	1	7	0,044
Цены на запасные части и услуги	1	8	0,0431
Качество запасных частей и материалов	7	9	0,043
Постоянная клиентура	1	10	0,0429
Модельный ряд	2	11	0,0419
Объем продаж новых автомобилей	1	12	0,0412
Скорость поставки запасных частей	1	13	0,0411
Надежность	2	14	0,0405
Количество автомобилей в эксплуатации	1	15	0,0387
Специализация СТО	6	16	0,0356
Оптимальный размер запаса	7	17	0,0350
Методы пополнения запаса	7	18	0,0347
Объемы продаж запасных частей прошлых периодов	1	19	0,0327
Оснащенность оборудованием	6	20	0,031
Качество ТО и ремонта	4	21	0,0285
Система складов	1	22	0,0263
Квалификация производственно-технического персонала	5	23	0,0205
Квалификация водителя, который эксплуатирует автомобиль	3	24	0,0185
Объемы ТО и ремонта прошлых лет (расход запасных частей)	1	25	0,0163
Оптимальное использование помещений состава	7	26	0,0161
Методы ТО и ремонта	4	27	0,0152
Скорость удовлетворения заявок на ТО (время ожидания)	1	28	0,0144
Уровень подготовки кадров	5	29	0,0133
Рекламации	4	30	0,013
Унификация	2	31	0,0126
Сложность конструкции	2	32	0,0118
Потери по неопытности	7	33	0,0113
Всего			1,0000

По результатам опроса выявлено, что максимально большее влияние на потребность в запасных частях имеют следующие факторы (табл. 3.1): структура парка по возрасту и структура парка по пробегу автомобилей с начала их

эксплуатации. Данные факторы относятся к группе факторов: «Парк обслуживаемых автомобилей». Приблизительно 85% респондентов считают, что эти факторы имеют самое большое влияние на потребность в запасных частях.

Интенсивность эксплуатации, транспортные, дорожные и природно-климатические условия эксплуатации, относящиеся к группе «Условия эксплуатации», более влияют на потребность в запасных частях, по мнению 55% специалистов. Среди других групп факторов эксперты выделили группу факторов «Управление». Приблизительно 80% респондентов считают, что уровень цен на запасные части и услуги, принадлежности постоянной клиентуры и реклама, имеют сильное влияние на потребность предприятия автосервиса в запасных частях.

Факторы, связанные с организацией материально-технического обеспечения предприятия значительно влияют на потребность в запасных частях – так считают 67% специалистов.

Сложность конструкции автомобиля, потери по неопытности, унификация и количество рекламаций, по мнению экспертов в меньшей мере влияет на потребность в запасных частях.

К факторам, которые имеют незначительное влияние, эксперты отнесли оптимальное использование складских помещений.

Участникам опрашивания было предложено также назвать факторы, которые имеют существенное влияние на потребность в запасных частях. К таким факторам эксперты отнесли: возможность продления срока службы или восстановления изношенных запасных частей, а также популярность данной марки автомобиля и репутация предприятия, названные факторы целесообразно также изучать в дальнейших исследованиях.

Для удобства анализа расхода запасных частей необходимо всю их номенклатуру поделить на группы по принадлежности к агрегатам и системам автомобиля.

Для удобства анализа расхода запасных частей необходимо всю их номенклатуру поделить на группы по принадлежности к агрегатам и системам автомобиля.

Наиболее удобно в этом случае использовать заводское группирование запасных частей (по каталогу производителя). Каталоги запасных частей включают четыре основных раздела:

- Двигатель.
- Трансмиссия, подвеска, ходовая часть, механизмы управления.
- Кузов.
- Электрооборудование.

Для данного исследования были выбраны запасные части, которые принадлежат к 1 – 3 группе.

При выборе номенклатуры деталей предпочтение отдавалось тем, которые не подлежат обязательной замене при техническом обслуживании. Износ деталей этих групп зависит от пробега транспортного средства и условий эксплуатации. Кроме того, эти детали должны относиться к группы А (детали высокого спроса) или В (детали среднего спроса) [30]. Для некоторых запасных частей характерны замены каталожного номера в связи с изменением конструкции, свойств, материала или производителя запасных частей.

Выбрана номенклатура деталей второй группы. Их расход на 2017 – 2018 годы и распределение между сервисной службой и магазином запасных частей приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Статистические данные по расходу деталей наибольшего спроса и их распределение между сервисной службой и магазином запасных частей «Риво - Моторс»

Название деталей и их номера по каталогу												
Расход деталей по месяца 2017 года в числителе и 2083 года в знаменателе, ед.	Тяга рулевая 45503 – 05020		Диск тормозов передний 43512-05030		Бампер передний 52119-02050		Бампер задний 52159 -05070		Ремень ГРМ 13568-09020		Ремень привода генератора 50200-50500	
	с	м	с	м	с	м	с	м	с	м	с	м
	14	10	0	2	15	14	2	0	8	15	1	3
	3	2	2	0	3	8	4	1	5	11	1	4
	13	9	2	1	12	20	4	1	6	19	5	2
	12	7	0	0	12	5	2	1	4	13	1	4
	17	8	0	0	17	15	2	0	9	16	2	1
	13	5	2	0	13	7	4	0	8	10	0	2
	12	6	4	0	14	24	1	2	11	10	1	3
	14	4	0	0	14	5	3	1	11	14	3	3
	11	10	4	0	9	27	4	0	9	11	0	0
	10	2	10	0	10	8	2	0	6	16	1	1
	9	4	6	0	11	15	0	2	7	13	0	3
	8	2	6	0	12	4	3	0	8	14	2	3
	6	6	10	0	17	3	0	1	8	12	1	3
	4	4	8	2	16	9	5	3	11	10	0	4
	8	6	6	12	14	17	8	4	6	17	0	2
	4	6	10	0	18	7	2	1	9	13	0	1
	5	3	14	2	27	5	2	2	4	19	1	2
	18	2	6	0	14	11	7	0	8	17	0	1
	8	8	20	2	19	8	8	0	7	21	0	0
	21	5	14	0	17	12	3	5	4	19	2	4
	7	7	2	0	16	9	3	3	9	13	0	1
	11	6	6	0	16	11	4	0	5	21	1	0
	10	8	8	2	12	18	2	3	8	10	1	0
	18	2	10	0	19	6	1	1	6	20	1	2

При анализе фактических затрат деталей за 2017 – 2018 года были построены графики (рис. 3.1). На графике 1 изображены средние затраты однотипных деталей каждой группы в магазине запасных частей за 2017 – 2018 года.

Колебание спроса на запасные части значительные по всем группам запасных частей, причем периоды колебаний не совпадают.

График 2 (рисунок 3.2) иллюстрирует средний расход запасных частей автосервисной службой. Замена в количестве израсходованных деталей первой группы протекает без резких колебаний. Для второй группы деталей необходимо выделить три очевидных максимума затрат запасных частей. Эти максимумы приходятся на весенние месяцы, когда подавляющее большинство владельцев автомобилей традиционно подготавливают свой автомобиль к периоду пожилой эксплуатации, а также в конце осени перед началом зимнего периода эксплуатации. Минимальный расход запасных частей по второй группе приходится на вторую половину лета, что связано с периодом отпусков. Колебание спроса на запасные части третьей группы аналогичны колебаниям второй группы.

В период октября – ноября возрастает очередь на кузовной ремонт и при этом нередко возникает дефицит кузовных запасных частей. Владельцы автомобилей в этом случае, заказывают запасные части в магазине, а для выполнения ремонтных работ обращаются в маломощные СТО, где отремонтировать автомобиль можно в кратчайший срок.

Вышесказанное подтверждается ростом расхода запасных частей в магазине в ноябре – декабре. Такая же ситуация повторяется в апреле – мае в связи с увеличением количества автомобилей, которые вводятся в эксплуатацию.

Суммарное распределение расхода запасных частей график 3 (рисунок 3.3) иллюстрирует очевидную зависимость между количеством заездов автомобилей на станцию и расходом запасных частей на автосервисе. Максимум расхода запчастей через магазин не совпадает с максимумом расхода на сервисе. Заказ запасных частей для предприятия осуществляется через небольшие промежутки времени в течение года, поэтому для расчетов потребности в запасных частях для магазина нецелесообразно использовать ни один из известных законов распределения случайных величин.



Рисунок 3.1 – Статистические данные расхода запчастей в магазине СП ООО «Риво-Моторс» по группам за 2017 – 2018 год



Рисунок 3.2 – Статистические данные расхода запчастей на автосервисе СП ООО «Риво-Моторс» по группам, за 2017 – 2018 год



Рисунок 3.3 – Статистические данные суммарных расходов деталей на СП ООО «Риво–Моторс»

3.1.2 Адаптивные модели прогнозирования

Смоделируем расход запасных частей для одной номенклатуры деталей с помощью адаптивной модели.

На начальном этапе моделирования необходимо ввести исходные данные из существующих на предприятии баз данных в табл. 3.2. Для построения модели используем экспериментальные данные по расходу рулевых тяг с номером по каталогу 45503 – 05020 за 12 месяцев 2017 года (таблица 3.2).

Таблица 3.3 – Оценка начальных параметров модели

t	Y(t)	$(t-t_{cp})^2$	$Y(t)-Y_{cp}$	$t-t_{cp}$	$(t-t_{cp}) \times (Y(t)-Y_{cp})$
1	2	3	4	5	6
1	14	4	0,60	-2	-1,2
2	13	1	-0,40	-1	0,4
3	17	0	3,60	0	0
4	12	1	-1,40	1	-1,4
5	11	4	-2,40	2	-4,8

В столбец 1 проставляются номера точек временного ряда (1...5). В столбец 2 проставляются первые пять значений запасных частей за предыдущий пе-

риод времени ($T = 12$ мес). Параметры столбцов 4 – 6 обсчитываются автоматически.

На следующем этапе моделирования составляется таблица 3.4. В таблицу проставляются значения расхода запасных частей за весь 2018 год. Остальные значения исчисляются автоматически, используя формулы, которые приведены в разделе 1.

Таблица 3.4 – Оценка параметров модели

t	Y(t)	A_0	A_1	$Y_p(t)$	e(t)
0		15,50	-0,70		
1	14	14,67	-0,83	14,80	-0,80
2	13	13,84	-0,83	13,02	-0,02
3	17	13,91	0,07	11,35	5,65
4	12	13,63	-0,28	14,21	-2,21
5	11	13,16	-0,48	12,24	-1,24
6	9	12,47	-0,68	10,29	-1,29
7	6	11,52	-0,95	7,68	-1,68
8	8	11,22	-0,30	3,89	4,11
9	5	10,36	-0,87	8,56	-3,56
10	8	10,50	0,14	1,70	6,30
11	7	9,83	-0,67	12,06	-5,06
12	10	9,30	-0,53	9,16	0,84

Значение Y_p , A_0 , A_i рассчитываются с помощью зависимостей (2.25), (2.26). Полученная модель на следующем шаге прогнозирования имеет вид:

$$Y_p = 15,5 - 0,7k \quad (3.4)$$

где k – шаг прогнозирования

Наилучший результат модель должна обеспечивать на первом шаге прогнозирования, на дальнейших шагах необходим обязательный перерасчет коэффициентов A_0 и A_i .

Результаты математического моделирования расхода других запчастей с использованием значений их фактических затрат расходов 2018 год приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Математическое моделирование расхода запчастей

Наименование запчастей	№ по каталогу	Модель прогнозирования
Диск тормозов	45503-05020	$-0,93 + 1,33 k$
Бампер передний	52512-05030	$-3,47 + 1,33 k$
Бампер задний	52159-05070	$3,75 - 0,25 k$
Ремень ГРМ	13568-09020	$1,7 + 0,75 k$
Ремень привода генератора	50200-50500	$1 + 0,167 k$

Для оценки точности построенных моделей необходимо проведение расчетов и сравнение полученных прогнозных значений потребности в запасных частях с фактическими значениями расхода деталей.

3.1.3 Модели с использованием рядов Фурье

Воспользуемся тригонометрическими функциями для моделирования рулевых тяг с использованием гармоник ряда Фурье (таблица 3.5).

Для исследуемого ряда данных коэффициенты уравнения (2.28) представляют:

$$a_0=10; a_1=-1,7; b_1=-2,79.$$

В точках 2, 5 и 10 происходит резкий прыжок в значениях фактического расхода запасных частей, несоответствующий характеру тригонометрической кривой.

Таблица 3.6 – Моделирование потребности в рулевых тягах при помощи гармоник Фурье

Месяц	t_i	$Y(t)$	$\cos t_i$	$\sin t_i$	$y_i \cos t_i$	$y_i \sin t_i$	$Y(t_i)$
1	0	14	0,5	0	7,56	0	10,68
2	$\frac{1}{6}\pi$	13	-0,4	0,5	-5,41	6,5	9,92
3	$\frac{1}{3}\pi$	17	-1,0	0,87	-16,83	14,722	10,35
4	$\frac{1}{2}\pi$	12	-0,7	1	-7,84	12	9,55
5	$\frac{5}{6}\pi$	11	0,3	0,5	3,12	5,5	10,41
6	π	9	1,0	0	8,64	0	11,38
7	$\frac{7}{6}\pi$	6	0,8	-0,5	4,52	-3	10,19
8	$\frac{4}{3}\pi$	8	-0,1	-0,87	-1,16	-6,928	10,20
9	$\frac{3}{2}\pi$	5	-0,9	-1	-4,56	-5	11,45
10	$\frac{1}{6}\pi$	8	-0,8	0,5	-6,71	4	10,38
11	$\frac{5}{3}\pi$	7	0,0	-0,87	0,03	-6,062	10,00
12	$\frac{11}{6}\pi$	10	0,8	-0,5	8,44	-5	10,48
Сумма:		120			-10,197	16,732	124,99

Модель прогнозирования потребности в запасных частях с использованием гармоник ряда Фурье выглядит так:

$$Y=10+(-1,7 \cos t - 2,79 \sin t), \quad (3.5)$$

где t – месячные периоды, выражены как части окружности.

Анализ динамики расхода запасных частей, рассмотренный в п. 3.1, показал, что расход кузовных деталей имеет значительные сезонные колебания.

На основании результатов анализа динамики расхода деталей кузова построим для данной группы деталей модели на основе гармоник ряда Фурье. В таблице 3.7 приведены модели расхода кузовных деталей, которые построены с использованием статистических данных за 2018 г.

Таблица 3.7 – Модели расхода кузовных деталей

Наименование детали	Номер по катало-	Модель расхода
Бампер задний	52159–05070	$Y = 3,08 + (-1,02\cos t + 1,04 \sin t)$
Фара правая	81170–05140	$Y = 17,08 + (-0,79\cos t + 2,65\sin t)$
Лобовое стекло	56101–05030	$Y = 21,33 + (0,62\cos t - 1,10\sin t)$
Крыло переднее правое	53812–05020	$Y = 10,92 + (1,56\cos t + 2,48\sin t)$
Форсунка омывателя фар	85044–05020	$Y = 32,17 + (-4,31\cos t + 1,46\sin t)$
Бампер передний	52119–02050	$Y = 13,67 + (-2,08\cos t - 2,7\sin t)$

3.2 Разработка методики прогнозирования расхода запасных частей на автосервисном предприятии

Чтобы сделать однозначный вывод о том, какую модель использовать при прогнозировании, построим модель расхода рулевых тяг, используя многофакторную регрессионную модель прогнозирования.

Для построения модели используем корреляционно-регрессионный анализ и прикладную программу Regre 2.81. Для этого рассмотрим ранее выделенные факторы, влияющие на потребность в запасных частях. Перечень указанных факторов приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 составлена на основании выполненного ранжирования факторов, а также наличия информации об изменении вышеперечисленных факторов.

Таблица 3.8 – Факторы, влияющие на потребность запасных частей

Номер фактора	Факторы	Единица измерения
1	Фактический расход запасных частей в предыдущем году	шт.
2	Средний пробег автомобилей, которые обслуживаются	тыс. км
3	Сезонность эксплуатации (среднегодовая температура)	С ⁰
4	Средний возраст обслуживаемых автомобилей	лет
5	Производство (продажа) новых автомобилей	шт.
6	Число заездов автомобилей на станцию	шт.
7	Остаток деталей на складе	шт.
8	Количество исходных и праздничных дней	дни

На предприятии СП ООО «Риво - Моторс» есть информация о 8 факторах, отмеченных специалистами предприятия при проведении анкетного опроса. Число факторов для каждого конкретного предприятия может быть различным в зависимости от специфики предприятия и внешней среды его функционирования. Расход запасных частей в этом случае является результативным признаком, потому что его прогнозное значение является потребностью в запасных частях.

В общем случае уравнения регрессии для прогнозирования потребности в запасных частях выглядит так:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_6X_6 + a_7X_7, \quad (3.6)$$

где переменные $X_1 \dots X_n$ – являются факторными признаками.

Результаты наблюдений на протяжении 2018 года работы предприятия приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты наблюдений на протяжении 2018 года работы предприятия СП ООО «Риво-Моторс»

Месяц	Расход зап-частей	Пробег	Количество заездов на СТО	Средний возраст автомобиля	Сезонность эксплуат.	Остаток на складе	Продажа новых автомоб.	Кол-во выходн. и праздничн. дней
1	17	55	85	4	-10	32	115	11
2	24	65	105	4,5	-9	43	110	8
3	16	52	81	5	4	35	124	11
4	14	50	92	4,5	4	52	141	10
5	21	60	98	5,5	12	40	154	12
6	12	48	85	5	16	51	142	10
7	11	50	96	3,5	18	38	115	8
8	13	42	82	3,5	16	36	134	10
9	21	61	95	5	10	45	172	8
10	29	69	102	6	4	64	194	8
11	26	60	97	4,5	-2	38	185	11
12	23	64	101	5	-8	62	166	9

На первом этапе работы, в построенную таблицу вводится число результативных признаков (в нашем случае 8) и число наблюдений ($N=12$). Исходные данные расхода запасных частей для проведения корреляционного анализа (рис. 3.1):

Y – расход запасных частей, шт.;

X_1 – средний пробег автомобиля, тыс. км;

X_2 – количество заездов на СТО, шт.;

X_3 – средний возраст автомобилей, год;

X_4 – сезонность эксплуатации (среднегодовая температура), $^{\circ}\text{C}$;

X_5 – остаток на складе, шт.;

X_6 – продажа новых автомобилей, шт.;

X_7 – количество выходных и праздничных дней, дн.

Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
17	55	85	4	-10	32	115	11
24	65	105	4,5	-9	43	110	8
16	52	81	5	4	35	124	11
14	50	92	4,5	4	52	141	10
21	60	98	5,5	12	40	154	12
12	48	85	5	16	51	142	10
11	50	96	3,5	18	38	115	8
13	42	82	3,5	16	36	134	10
21	61	95	5	10	45	172	8
29	69	102	6	4	64	194	8
26	60	97	4,5	-2	38	185	11
23	64	101	5	-8	62	166	9

Признак	Описание признака	ед. изм.
Y	расход запасных частей.	шт.
X1	средний пробег автомобиля.	тыс. км.
X2	количество заездов на СТО.	шт.
X3	средний возраст автомобилей.	год.
X4	сезонность эксплуатации (среднегодовая температура).	С0
X5	остаток на складе.	шт.
X6	продажа новых автомобилей.	ед.
X7	количество выходных и праздничных дней.	дн.

Рисунок 3.4 – Исходные данные для проведения корреляционного анализа при помощи программы корреляционного анализа Regre 2.81

Чтобы построить многофакторную регрессионную модель результативного признака, который характеризует расход запасных частей, предварительно необходимо отобрать факторные признаки в модель. С этой целью находим матрицу парных коэффициентов корреляции (рис. 3.5).

В первой строке этой матрицы записаны коэффициенты R_{yx} , что характеризуют тесноту взаимосвязи результативного признака с каждым факторным признаком.

Все коэффициенты корреляции выше заданного уровня значимости (равного 0,05), кроме $R_{yx4}=-0,55684$, $R_{yx7}=-0,17486$.

Факторы $X4$, $X7$ влияют на результативный признак. Итак, $X4$, $X7$ в регрессионную модель вводить не будем. Другие коэффициенты корреляции характеризуют тесноту взаимосвязи между каждой парой факторных признаков.

Среди них есть коэффициенты $|R_{xixj}| \geq 0,8$ так: $R_{yx1}=0,92277$.

Итак, факторные признаки $Y1$ и $X2$ являются мультиколлинеарными.

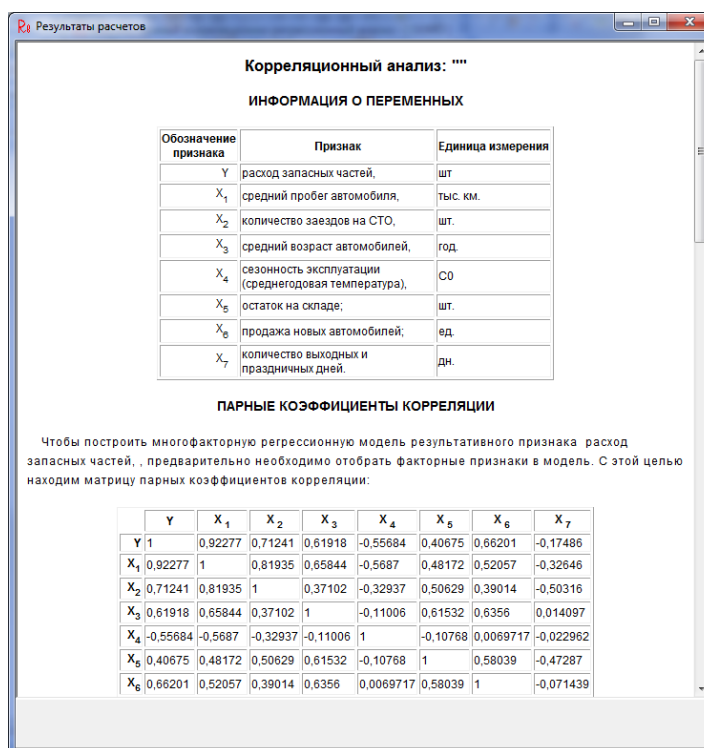


Рисунок 3.5 – Матрица парных коэффициентов корреляции

В регрессионную модель вводим факторы Y, X1, X3, X6. Далее снова представляем матрицу значений признаков Y, X1, X3, X6 и проводим дальнейшие расчеты. Результаты расчетов, выполненных программой, представлены на рис. 3.6.

Р. ед.			
Файл Параметры Дополнительно Справка			
Y	X1	X3	X6
17	55	4	115
24	65	4,5	110
16	52	5	124
14	50	4,5	141
21	60	5,5	154
12	48	5	142
11	50	3,5	115
13	42	3,5	134
21	61	5	172
29	69	6	194
26	60	4,5	185
23	64	5	166
Признак	Описание признака		ед. изм.
Y	расход запасных частей,		шт.
X1	км.		км
X3	средний возраст автомобилей,		тыс. км.
X6	продажа новых автомобилей;		С0

Рисунок 3.6–Анализ тесноты взаимосвязей результативного и факторных признаков

Далее анализируем множественную регрессионную модель, которая имеет вид:

$$Y = -20,563 \times X_1 - 1,08 \times X_2 + 0,06341 \times X_3 \quad (3.7)$$

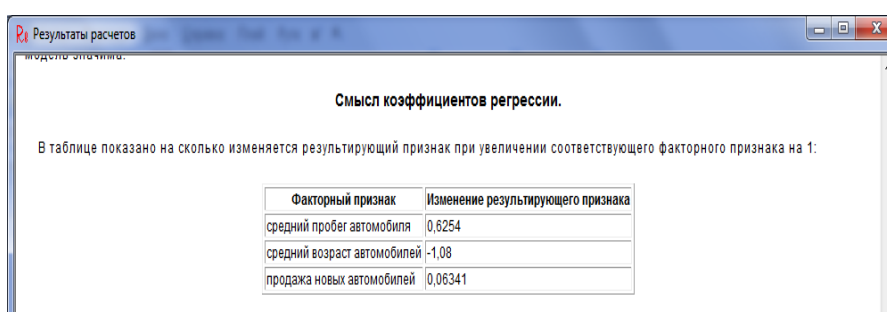
Проверяем значимость этой модели при уровне значимости 0,01. Выдвигаем гипотезы: H_0 : регрессионная модель незначима ($H_0: A_1 = A_2 = \dots A_p = 0$), H_1 : регрессионная модель значима (H_1 : хотя бы один $A_i \neq 0$, и меняется от 1 до p).

Проверяем нулевую гипотезу с помощью случайной величины F , что имеет распределение Фишера – Снедекора.

Находим $F_{\text{набл}} = 25,449, F_{\text{крит}}(0,01; 3; 8) = 7,59$.

Поскольку $F_{\text{набл}} > F_{\text{крит}}(0,01; 4; 7)$, нулевую гипотезу отбрасываем, справедливая конкурирующая гипотеза, то есть многофакторная регрессионная модель значимая.

Экономический смысл коэффициентов регрессии состоит в следующем: в таблице (рисунок 3.7) показано, на сколько меняется результирующий признак при увеличении соответствующего факторного признака на 1.



Факторный признак	Изменение результирующего признака
средний пробег автомобиля	0,6254
средний возраст автомобилей	-1,08
продажа новых автомобилей	0,06341

Рисунок 3.7. –Изменение результирующего признака

Сравнивая коэффициенты эластичности по абсолютной величине, можно отметить, что результирующий признак «расход запасных частей» более всего чувствителен к изменению факторного признака.

Составим уравнение регрессии в стандартизированном масштабе и считаем его коэффициенты b_i :

$$Y = 20,8 \times X_1 - 2,99 \times X_2 - 5,52 X_3.$$

Сравнивая коэффициенты b_i по абсолютной величиной, делаем вывод, что наибольшее влияние на результирующий признак оказывает расход запасных частей» наиболее влияет фактор «средний возраст автомобиля». В целом получаем следующую таблицу (рисунок 3.8) по степени влияния.

Ранг влияния	Признак
1	средний пробег автомобиля
2	продажа новых автомобилей
3	средний возраст автомобилей

ТАБЛИЦА ОСТАТКОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАВИСИМОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

ЗАДАНОЕ ЗНАЧЕНИЕ	ВЫЧИСЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ	ОСТАТОК	% ОТКЛОНЕНИЯ
17	16,8	0,163	0,967
24	22,2	1,77	7,94
16	14,5	1,55	10,7
14	14,8	-0,819	-5,53
21	20,8	0,183	0,88
12	13,1	-1,09	-8,34
11	14,3	-3,25	-22,8
13	10,5	2,55	24,4
21	23,1	-2,12	-9,18
29	28,4	0,559	1,96
26	23,9	2,14	8,96
23	24,6	-1,62	-6,58

Рисунок 3.8 – Таблицы степени влияния и остатков вычисления зависимой переменной

3.3 Оценка адекватности математических моделей

Адекватность – основное требование, которое предъявляется к модели прогнозирования, оно которое определяет возможность использования ее в прогнозах. Поскольку, в регрессионной модели учитывается сезонная компонента, а ее величина $\varepsilon < 1\%$, то выполним оценку адекватности этой модели прогнозирования потребности в ремнях ГРМ (13568–09020), построенной на основе модели регрессионного анализа. Ремень ГРМ относится к группе запасных частей двигателя.

Если модели прогнозирования правильно отображают систематические компоненты временного ряда, их можно признать адекватными. Это требование эквивалентно требованию, чтобы остаточный компонент ε_t удовлетворял свойствам случайного компонента временного ряда [30], например, случайности ко-

лебаний уровней остаточной последовательности. Для проверки данного требования используем таблицу 3.10.

Таблица 3.10 – Фактические и расчетные значения расхода рулевых тяг (13568–09020) в 2018 г. методом корреляционного анализа на СП ООО «Риво-Моторс»

Фактический расход рулевых тяг	17	24	16	14	21	12	11	13	21	29	26	23
Расчетное значение расхода рулевых тяг	17,4	22	15,3	13,9	21,8	12,5	13,9	10,4	23,6	27,9	24,9	23,4
Отклонение (ε)	0,4	-2	-0,7	-0,1	0,8	0,5	2,9	-2,6	2,6	-1,1	-1,1	0,4
Точки пиков	-	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	-

Проверку случайности уровней ряда остатков проведем на основе критерия пиков (поворотных точек)[5]. Уровень последовательности ε_t полагает максимумом, если он больше двух уровней, которые стоят рядом, то есть $\varepsilon_{t-1} < \varepsilon_t > \varepsilon_{t+1}$, или минимумом, если он меньше обоих соседних уровней, то есть $\varepsilon_{t-1} > \varepsilon_t < \varepsilon_{t+1}$. В обоих случаях ε_t является поворотной точкой. Общее количество поворотных точек обозначим через p . Критерием случайности с доверительной вероятностью 95% является выполнение неравенства:

$$p > \left[\bar{p} - 1,96 \sqrt{\sigma_p^2} \right], \quad (3.8)$$

где \bar{p} – математическое ожидание числа точек поворота;

σ_p^2 – дисперсия числа точек поворота.

$$\bar{p} = \frac{2}{3}(n-2); \quad \sigma_p^2 = \frac{16n-29}{90}. \quad (3.9)$$

Квадратные скобки в неравенстве (3.8) означают «целую часть числа». Если неравенство выполняется, то модель прогнозирования считается адекватной.

Количество точек пиков модели Брауна равно пяти ($p=5$), $\bar{p}=6,67$, $\sigma_p^2=1,81$. Неравенство (3.8) $5 > \left[6,67 - 1,96\sqrt{1,81} \right]$, $5 > 4,04$ выполняется. Модель регрессионного анализа прогнозирования потребности в ремнях ГРМ является адекватной.

3.4 Экономическая эффективность разработанной методики прогнозирования затрат запасных частей предприятиями автосервиса на примере СП ООО «Риво-Моторс»

Таблица 3.11 – Сравнение показателей работы отдела запасных частей за сентябрь 2018 года

Показатель	Обозначение	До использования модели корреляционного анализа, руб.	После использования модели корреляционного анализа, руб.
Объем продаж	Qп	193 103,81	195 726,285
Объем заказов	Qзам	140 447,72	142 126,762
Расход на осуществление заказа и хранение	S	7553,946	7778,715

Вычислим годовой прирост дохода отдела запасных частей (3.10) автосервисного предприятия по итогам 2018 года, который составляет:

$$S_{\text{скл.}} = (Q_{\text{п2}} - Q_{\text{п1}}) + (Q_{\text{зак2}} - Q_{\text{зак1}}) + (S_2 - S_1) = 436836 \text{ руб.} \quad (3.10)$$

$$B = S_{\text{склад.}} \cdot 12 = 436836 \text{ руб.}$$

Итак, предлагаемая модель корреляционного анализа прогнозирования запасных частей на предприятиях автосервиса является эффективной.

Таким образом, описаны основные инструменты для реализации математического моделирования процесса прогнозирования потребности в запасных частях на предприятии автосервиса для их закупки. Для реализации этого про-

цесса было выбрано три модели, из которых наиболее точной, по расчетам, оказалась модель корреляционно - регрессионного анализа в связи с учетом в прогнозе многих факторов, особенно, сезонной компоненты.

Получены результаты прогнозирования потребности в запасных частях для их закупки с использованием стандартных пакетов прикладных компьютерных программ. В рамках решения задачи корреляционно-регрессионного анализа прикладная компьютерная программа Regre 2.81 наиболее полно отвечает требованиям программному обеспечению для расчетов потребности в запасных частях.

Методика расчетов потребности в запасных частях является важным научным инструментом процесса планирования и управления запасами на предприятиях автосервиса.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В работе решена важная научно-практическая задача, которая состоит в разработке методики прогнозирования расхода запасных частей на автосервисных предприятиях. Предложенная методика позволяет формализовать процессы определения потребности предприятий в запасных частях, повысить эффективность существующих систем материально-технического обеспечения.

2. Разработана классификация и проведено исследование факторов, которые влияют на потребность предприятий автосервиса в запасных частях. Было выявлено, что самое большое влияние на потребность в запасных частях оказывают следующие факторы:

- средний возраст автомобилей, которые заезжают на станцию;
- средний пробег автомобилей;
- объем продаж новых автомобилей.

3. С использованием аппарата регрессионного анализа, адаптивных методов и рядов Фурье построенные математические модели прогнозирования потребности автосервиса в деталях кузова, подвески и двигателя автомобиля Volkswagen. Построенные модели адекватно отображают исследуемые процессы.

4. Разработаны методические принципы выбора математических моделей для прогнозирования потребности предприятий автосервиса в запасных частях, на основании которых определены области наиболее эффективного использования математических моделей. При прогнозировании потребности в запасных частях с использованием данных о факторах, которые влияют на расход запасных частей, выявлено, что целесообразно использовать регрессионные модели прогнозирования.

5. Данные для расчета были взяты на автосервисном предприятии «Риво - Моторс» г. Донецк. Практические расчеты были сделаны с использованием пакетов прикладных программ MS Excel и Regre 2.81.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крамаренко Г. В., Расчет потребности в запасных частях / Г. В. Крамаренко, Е. И. Кривенко – М.: Автомобильный транспорт, 1982, №2, С. 36 – 38.
2. Марков О.Д. Автосервис: рынок, автомобиль, клиент / О. Д. Марков – М.: Транспорт, 1999. – 270с.
3. Егорова Н. Е. Автосервис. Модели и методы прогнозирования деятельности / Н. Е. Егорова, А. С. Мудунов – М.: Экзамен, 2002. – 256 с.
4. Кирсанов Е. А. Совершенствование метода определения потребности в запасных частях для системы «автообслуживания» / Е. А. Кирсанов, Толкачев В. К. // Сборник научных трудов МАДИ «Прогрессивные формы организации технического обслуживания автомобилей». – М.: 1983.
5. Управление автосервисом: Учебное пособие для вузов / Под общ. ред. д.т.н., проф. Л. Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2004. – 302 с.
6. Щетина В. А. Снабжение запасными частями на автомобильном транспорте. / В. А.Щетина, В. С. Лукинский, В. И Сергеев. – М.: Транспорт, 1988. – 112 с.
7. Пронштейн М. Я. Исследование потребности в запчастях для автомобилей, принадлежащих населению. / М. Я. Пронштейн, А. А. Таржибаев, Е. И.Кривенко – М.: НИИ Автопром, 1976. – № 9. С. 38 – 44.
8. Волгин В. В. Автомобильный дилер. / В. В. Волгин – М.: Ось, 1997. – 224 с.
9. Волгин В. В. Запасные части: Особенности маркетинга и менеджмента. / В. В. Волгин – М.: Ось, 1997.– 128 с.
10. Хлявич А.И. Исследования и определение потребности в автомобильных запасных частях для СТО автомобилей: Дис. ... канд.техн.наук. – М.: МАДИ, 1980.
11. Воронина И. Ф. Совершенствование методики прогнозирования потребности в запасных частях автомобилей на предприятиях автосервиса / И. Ф. Воронина,

Ф. М. Судак, Д. С. Подгорный // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2016. – № 2. – С. 16–22.

12. Судак Ф. М. Усовершенствование методики расчета необходимого количества запасных частей на предприятиях автомобильного транспорта / Ф. М. Судак, И. Ф. Воронина, А. И. Заика // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2018. – № 3(26). – С. 44–48.

13. Воронина И. Ф. Разработка системы мониторинга материально-технического обеспечения предприятий автосервиса / И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, А. В. Злей // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2018. – №4(27). – С. 46–52.

14. Корчагин В. А. Научно-методические основы управления затратами на качество / В. А. Корчагин, Д. И. Ушаков, И. А. Комарова, Д. К. Сысоев // Вестник МАДИ. – 2007. – №1. – С. 72 – 76.

15. Лукинский В. С., Логистика автомобильного транспорта: концепция, модели, методы / В. С. Лукинский, Е. И. Бережная, В. И. Бережной, И. А. Цвиринько. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 128 с.

16. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов / Под общей редакцией Л. Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2003. – 512 с.

17. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.

18. Кузнецов А. С. Малое предприятие автосервиса: Организация, оснащение, эксплуатация / А. С. Кузнецов, Н. В. Белов – М.: Машиностроение, 1995. – 303 с.

19. Ивченко Г. И., Медведев Ю. И. Математическая статистика: учебник / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 352 с.

20. Экономико-математические методы и прикладные модели [Текст] : учеб. пособие для вузов / под ред. В. В. Федосеева. – М. : ЮНИТИ, 2002. – 391 с.

21. Ременцов А.Н., Назаров О.Ю. Методика ранжирования предприятие технического сервиса автомобилей по показателям качества предоставляемых услуг. Техническая эксплуатация автомобилей и автосервис: Сборник научных трудов МАДИ. – М.: МАДИ, 2003. – С. 134 – 145.

22. Крянев А. В. Математические методы обработки неопределенных данных / А. В. Крянев, Г. В. Лукин – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 216 с.
23. Мелкумов Я. С. Финансовые вычисления. Теория и практика: Учебно-справочное пособие / Я. С. Мелкумов – М.: Инфра – М, 2002. – 383 с.
24. Методика выбора номенклатуры деталей, узлов агрегатов для прогнозирования потребности в запасных частях / Плеханов А.А. // Актуальные проблемы управления качеством производства и эксплуатации транспортных средств: Материалы X Междунар. науч. практ. конф. ВЛГУ. Владимир, 2004.
25. Напольский Г.М. и др. «Исследование потребности в номенклатуре заявляемых запасных частей для предприятий объединения «Росавтотехобслуживание». Отчет МАДИ № 774, 1986.
26. Сарбаев В. И. Условия функционирования и выбор стратегии развития предприятий автосервиса/ 2-е изд., переработанное и дополненное / Под ред. В.И. Сарбаева // В. И. Сарбаев, В. В. Тарасов – М.: МГИУ, 2002. – 116 с.
27. Статистические методы прогнозирования: Учеб. пособие для вузов. — М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2003. – 206 с.
28. Техника, технологии и перспективные материалы: Межвузовский сборник научных трудов / Отв. ред. А. Д. Шляпин. – М.: МГИУ, 2004. – 398 с.
29. Общая теория статистики: Статистическая методология в изучении коммерческой деятельности: Учебник/ Под ред. О.Э. Башиной, А.А. Спирина. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Финансы и статистика, 2003.- 440 с.
30. Кучур С. С. Разработка и использование вероятностных математических моделей в задачах технической эксплуатации автомобилей / С. С. Кучур Минск, 1997.– 91 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А



АНКЕТА

1. Оценка воздействия факторов, которые влияют на потребность в запасных частях на предприятиях автосервиса

Оцените важность каждого фактора по пятибалльной шкале:

Балл	5	4	3	2	1
Влияние	Наиболее сильно	сильно	средне	мало	не влияет

Наиболее значимому фактору присвоить наивысший балл – 5, менее значимому – 4 балла и т. д.

1. Оценка влияния совокупности факторов на потребность в запасных частях.

Группы факторов, которые влияют на потребность в запасных частях:

- управление;
- парк обслуживаемых автомобилей;
- условия эксплуатации;
- персонал;
- организация технического обслуживания и ремонта;
- производственно-техническая база;
- организация материально-технического обеспечения;

2. Оценка влияния управления предприятием автосервиса на потребность в запасных частях

Факторы группы «Управление»		
Маркетинг	1. Количество автомобилей в эксплуатации	
	2. Объем продаж новых автомобилей	
	3. Объем ТР и ремонта прошлых лет	
	4. Объем продаж запасных частей прошлых лет	
Менеджмент	5. Реклама	
	6. Постоянная клиентура	
	7. Система складов	
	8. Скорость поставки запасных частей	
	9. Скорость удовлетворения заявок на ТР (время ожидания)	
	10. Цены на запасные части и услуги	

3. Оценка влияния обслуживаемых автомобилей на потребность в запасных частях

Факторы группы «Парк обслуживаемых автомобилей»		
1. Модельный ряд		
2. Структура парка по возрасту		
3. Структура парка по пробегу с начала эксплуатации		
4. Надежность		
5. Сложность конструкции		
6. Унификация		

4. Оценка влияния условий эксплуатации автомобилей на потребность в запасных частях

Факторы группы «Условия эксплуатации»:

- интенсивность эксплуатации
- транспортные, дорожное и климатическое условия
- квалификация водителя, эксплуатирующего автомобиль

5. Оценка влияния организации технического обеспечения (ТО) и ремонта на потребность в запасных частях

Факторы организации ТО и Ремонта:

- качество ТО и ремонта;
- методы ТО и ремонта;
- рекламации.

6. Оценка влияния персонала автосервисного предприятия на потребность в запасных частях

Факторы существующей производственной базы:

- квалификация производственно-технического персонала;
- уровень подготовки кадров.

7. Оценка влияния производственной базы атосервисного предприятия на потребность в запасных частях

Факторы существующей производственной базы	
1. Мощность атосервисного предприятия	
2. Специализация	
3. Оснащенность оборудованием	
4. Количество заездов на ремонт	

8. Оценка влияния организации материально-технического обеспечения атосервисного предприятия на потребность в запасных частях

Факторы системы материально-технического обеспечения	
1. Оптимальный размер запаса	
2. Методика расчетов потребности в запасных частях	
5. Методы пополнения запасов	
4. Оптимальное использование помещений склада	
5. Качество запасных частей и материалов	

9. Укажите факторы, которые на ваш взгляд необходимо занести в данный список