

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»

На правах рукописи



**ТЕНЬКОВСКАЯ Светлана Александровна**

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПУТЕМ ОГРАНИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ  
АВТОМОБИЛЕЙ**

Специальность 2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические  
системы страны, ее регионов и городов, организация производства на  
транспорте

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель  
доктор технических наук, профессор  
ЗАХАРОВ Николай Степанович

Екатеринбург 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА.....	8
1.1. Проблема определения рационального срока службы автомобиля.....	8
1.2. Анализ факторов, влияющих на срок службы автомобилей....	15
1.3. Анализ методов и методик определения рационального срока службы автомобилей.....	20
1.4. Анализ результатов исследований по установлению закономерностей изменения в процессе эксплуатации показателей надежности и эффективности автомобилей.....	26
1.5. Анализ исследований по обеспечению надежности транспортно-технологических систем.....	31
1.6. Нормативно-правовое обеспечение и применение стандартов в области надежности функционирования транспортно-технологических систем .....	33
1.7. Выводы по разделу 1. Задачи исследований .....	37
2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	40
2.1. Общая методика исследований .....	40
2.2. Обоснование цели и целевой функции.....	42
2.3. Анализ целевых функций.....	48
2.4. Отбор факторов, влияющих на срок эксплуатации автомобилей.....	50
2.5. Закономерности взаимодействия элементов изучаемой системы .....	55
2.6. Модели закономерностей.....	60

2.7. Модель влияния наработки автомобиля на коэффициент технической готовности .....	64
2.8. Модель влияния наработки автомобиля на параметр потока отказов .....	68
2.9. Модель влияния возраста автомобиля на коэффициент технической готовности .....	71
2.10. Модель влияния возраста автомобиля на параметр потока отказов .....	73
2.11. Модель влияния возраста и наработки автомобиля на коэффициент технической готовности .....	76
2.12. Модель влияния возраста и наработки автомобиля на параметр потока отказов .....	77
2.13. Выводы по разделу 2 .....	78
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	80
3.1. Общая методика экспериментальных исследований .....	80
3.2. Результаты исследования целевой функции .....	80
3.3. Оценка фактического возраста и срока службы автомобилей ..	83
3.4. Проверка гипотезы о виде модели зависимости коэффициента технической готовности от наработки .....	91
3.5. Проверка гипотезы о виде модели зависимости параметра потока отказов от наработки .....	93
3.6. Проверка гипотезы о виде модели зависимости коэффициента технической готовности от времени .....	98
3.7. Проверка гипотезы о виде модели зависимости параметра потока отказов от времени .....	99
3.8. Проверка гипотезы о виде модели зависимости коэффициента технической готовности от наработки и времени .....	101
3.9. Проверка гипотезы о виде модели зависимости параметра потока отказов от наработки и времени .....	104

3.10. Выводы по разделу 3 .....	107
4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	109
4.1. Определение рационального срока службы автомобилей по критерию надежности обслуживания .....	109
4.2. Определение рационального срока службы автомобилей по условиям безопасности.....	114
4.3. Расчет эффективности предложенных методик .....	117
4.4. Выводы по разделу 4 .....	119
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.....	121
ЛИТЕРАТУРА.....	123
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	151
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	155
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	157
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	162
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	166

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный транспорт имеет большое значение в транспортной системе России. Широкое применение он получил во всех отраслях народного хозяйства. Главные преимущества этого вида транспорта: относительно высокая скорость; возможность использования его при перевозках «от двери до двери», без дополнительных перегрузок, высокая маневренность.

Более 64% объёмов грузовых перевозок внутри страны осуществляет грузовой транспорт, являясь основным перевозчиком для ведущих секторов экономики. При этом в нашей стране наблюдается тенденция увеличения этой доли. Посредством автотранспорта ежедневно перевозится почти 17 млн. тонн грузов. Автомобильный транспорт обеспечивает объединение в единый комплекс территорий нашей страны, а также способствует усилению национальной безопасности, нормальной жизнедеятельности государства и его целостности, при этом способствуя ликвидации экономического отставания окраинных районов и решению важных политических задач.

В условиях Севера и Сибири очень важным является возможность доставки грузов без перегрузки и работа на больших расстояниях от постоянного базирования, поэтому в нефтегазодобывающей отрасли автомобильный транспорт имеет первостепенное значение. Нефтегазовая отрасль насчитывает тысячи единиц техники, ежегодно на эксплуатацию которых расходуются миллионы рублей.

В структуре жизненного цикла автомобиля срок его эксплуатации является самым продолжительным этапом. Он оказывает непосредственное влияние на структуру парка автомобилей, размер ремонтной базы, конечные результаты деятельности предприятия. Этот показатель используется для замены устаревшей техники на новую, для планирования воспроизводства средств производства, а также учитывается при развитии материально-технической базы, технического перевооружения отрасли и т.д.

В настоящее время одной из проблем нефтегазодобывающих

предприятий в РФ является критический уровень состояния транспортных средств. Большую часть из них эксплуатируют, превышая допустимые нормы срока службы, другая же значительная часть имеет срок эксплуатации, близкий к критическому. Следовательно, это ведет к снижению показателей безопасности транспорта и снижению эффективности его функционирования.

**Целью работы** является разработка методики определения рационального срока службы автомобилей, обеспечивающего заданный уровень надежности транспортно-технологического обслуживания.

**Основные задачи**, решенные для реализации данной цели:

- 1) определение факторов, влияющих на срок службы автомобилей;
- 2) обоснование методов определения рационального срока службы автомобилей;
- 3) установление закономерностей влияния возраста и наработки на параметр потока отказов автомобилей и коэффициент технической готовности;
- 4) разработка методики определения рационального срока службы автомобилей.

**Объект исследования:** процесс изменения эксплуатационных свойств и показателей эффективности автомобилей по наработке и времени.

**Предмет исследования:** закономерности изменения потока отказов автомобилей, коэффициента технической готовности (КТГ) по времени и наработке.

**Теоретической основой** исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых по проблемам обеспечения надежности транспортного обслуживания, рационализации сроков эксплуатации автомобилей и организации работы автомобильного транспорта: Абрамова О. В., Авдонькина Ф. Н., Анискина А.М., Бедняка М. Н., Богумила В. Н., Блюденова А. Ф., Вегера Л. Л., Власова В. М., Голованенко С. А., Гольда Б. В., Грязнова М. В., Захарова Н. С., Звягина А. А.,

Кузнецова Е. С., Курганова В. М., Терентьева А. В., Токарева Т. Г., Филипповой Н. А. и других.

**Методической основой** работы послужили элементы системного подхода, методы логического и экономического анализа, методы математической статистики и экспертных оценок.

В основу работы легли систематизация нормативной документации, исследовательских работ, научно-технической литературы и методы математической статистики, используемые для обработки результатов.

**Положения научной новизны, выносимые на защиту.**

1. Результаты отбора факторов, влияющих на срок службы автомобилей.
2. Разработанные теоретические подходы к определению предельных сроков службы автомобилей по условиям безопасности и надежности транспортно-технологического обслуживания, отличающиеся от известных ранее критериями определения предельного возраста и закономерностями изменения свойств автомобилей по возрасту и наработке.
3. Установленные закономерности и математические модели влияния возраста и наработки на параметр потока отказов, удельные простои в ТР и коэффициент технической готовности.

**Практическая значимость исследования** заключается в разработке методики определения рационального срока службы автомобилей, использование которой обеспечивает снижение количества отказов, потерь от простоев автомобилей в текущем ремонте и простоев основного производства обслуживаемых промышленных предприятий. При разработке стратегии замены подвижного состава нефтегазодобывающего предприятия результаты выполнения данных исследований могут способствовать повышению уровня транспортного обслуживания.

## 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

### *1.1. Проблема определения рационального срока службы автомобиля*

Транспортный комплекс представляет собой совокупность транспортных средств (ТС), дорог и инфраструктуру, необходимую для хранения ТС, снабжения материальными и человеческими ресурсами и поддержание их работоспособного состояния при объединении в целостную систему, имеющую общие цели, задачи, основное предназначение которых состоит в удовлетворении потребностей нефтегазодобывающих предприятий (НГДП) в услугах данной системы.

Наиболее массовым и мобильным транспортом в России является автомобильный, позволяющий работать на значительных расстояниях от места базирования и осуществлять транспортировку без перегрузки. На его долю приходится больше половины объема всех перевезенных грузов и пассажиров.

В настоящее время на эксплуатацию автомобильного парка Севера и Сибири ежегодно затрачиваются миллионы рублей, он исчисляется десятками тысяч автомобилей. Одной из приоритетных задач нефтегазодобывающего предприятия является обеспечение основного производства надежным транспортно-технологическим обслуживанием.

Существующие в настоящее время методологические основы установления срока службы автомобилей перестали удовлетворять современной макроэкономической ситуации. Многие крупные компании передали транспортно-технологическое обслуживание производственных процессов на аутсорсинг. При этом компания выступает как заказчик, а автотранспортные предприятия – как подрядчики, получающие контракты на основе конкурсов. В условиях конкурсов указываются предельная стоимость заданного объема работ, а также требования к количеству, номенклатуре и

возрасту подвижного состава. Главное для заказчика – обеспечить заданную надежность транспортно-технологического обслуживания.

От надежности транспортно-технологического обслуживания нефтегазодобывающего предприятия зависят его безопасность, экономичность, конкурентоспособность, а также минимизация трудовых, материальных, сырьевых ресурсов.

Для оценки надежности транспортного обслуживания используется отношением числа выполненных заявок без нарушений требований заказчика к общему числу заявок на доставку, доля времени предоставления услуг потребителям в заданных объемах и качестве, или вероятность выполнения транспортного задания. При этом отмечается, что основным фактором, влияющим на надежность транспортного обслуживания, является техническая готовность подвижного состава.

Предприятие не может регламентировать вероятность безотказной работы, поэтому чаще всего используется такой показатель, как коэффициент технической готовности (КТГ). С помощью КТГ оценивают работу технической службы предприятия, его значения анализируются, фиксируются, осуществляется их планирование. Данный показатель влияет на численность парка и структуру АТП. На КТГ оказывают влияние множество факторов, которые непосредственно зависят от организации и управления производством, человеческих факторов и т. д. КТГ определяется по формуле [76]:

$$\alpha_T = \frac{D_э}{D_э + D_p}, \quad (1.1)$$

где  $D_э$  – число дней эксплуатации автомобиля;

$D_p$  – число дней простоя в ремонте и ТО.

То есть в качестве критерия эффективности транспортно-технологического обслуживания целесообразно выбрать либо вероятность безотказной работы  $R_i$ , либо коэффициент технической готовности.

В зависимости от стратегии функционирования АТП критерием

эффективности может быть минимум удельных затрат (если стратегией является получение максимальной прибыли) или максимум КТГ и минимум вероятности отказов (если стратегией является бесперебойное обеспечение основного производства).

КТГ зависит от наработки и возраста автомобиля. И так как в нефтегазодобывающих предприятиях транспортно-технологическое обслуживание происходит по договору аутсорсинга, то одной из задач НГДП является предъявление требований к сторонней организации относительно наработки и возраста используемых автомобилей.

Эффективность деятельности нефтегазодобывающего предприятия непосредственно зависит от оптимизация возрастной структуры используемых автомобилей (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Влияние возрастной структуры на эффективность использования транспортных средств

Структура «жизненного цикла автомобиля» состоит из нескольких

этапов, самым продолжительным из которых является срок службы автомобиля, используемый для планирования технического перевооружения отрасли, развития материально-технической базы (МТО), замены техники, устаревшей морально и физически, на новую. От срока службы автомобилей зависят конечные результаты деятельности предприятия, а также размер и структура авторемонтной базы и автомобильного парка.

Срок службы автомобиля можно измерить в километрах пробега от начала эксплуатации до списания и, а также в годах его работы. Годовой пробег автомобиля показывает взаимосвязь данных показателей.

Выделяют следующие виды сроков службы автомобилей (рис. 1.2) [14, 36, 38, 73, 123, 148, 149 и др. ].



Рисунок 1.2 – Сроки службы автомобиля

Таким образом, рациональный срок эксплуатации транспорта бывает равным экономическому или может превышать его. Экономический срок службы автомобиля, откорректированный с учетом различных факторов – это

его рациональный срок службы.

В настоящее время существует ряд ограничений срока службы автомобилей. Наличие нижней границы обусловлено методикой расчета амортизации в соответствии Налоговым кодексом РФ. Постановлением Правительства РФ №1 от 01 января 2002 года «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» было выделено 10 амортизационных групп. Автотранспортные средства входят в 3-5 группы (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Срок полезного использования автомобилей в соответствии с амортизационной группой

Амортизационная группа	Вид транспортных средств	Срок полезного использования
III	Автобусы длиной до 7.5 м; грузовые автомобили (с дизельным или бензиновым двигателем) с допустимой максимальной массой < 3,5 т.	2-5 лет
IV	Автобусы длиной до 12 м, автобусные поезда до 16,5 м; автомобили –тягачи; автомобили-самосвалы; автолесовозы; транспортные средства для коммунального хозяйства и содержания дорог	5-7 лет
V	Автобусы более 12 м и автобусные поезда длиной более 16,5 м; автомобили грузовые с дизельным двигателем и допустимой максимальной массой > 3.5 т; мусоровозы; автомобили-тягачи седельные; автогидроподъемники.	7-10 лет

Срок амортизации организация определяет исходя из амортизационной группы, в которое попадает транспортное средство. Автотранспортные средства специального назначения (например, автокраны) по налоговой

классификации отнесены к IV и V амортизационной группе, организация самостоятельно может отнести их к одной из данных групп.

Также минимальный срок службы автомобиля устанавливается заводом-изготовителем, это гарантийный срок, который обычно составляет 3 года (100-200 тыс. км).

Максимальный срок эксплуатации автомобилей законодательно не ограничивается. Единственный показатель, который имеет ограничение – это пробег до капитального ремонта, который устанавливается и корректируется в «Положении о ТО и ремонте» [98]. Однако в некоторых случаях устанавливают требования к верхнему значению возраста автомобилей. Особенно это касается автобусов, используемых для перевозки детей, а также автомобилей, перевозящих опасные грузы.

Так как верхнее ограничение срока службы фактически отсутствует, в настоящее время большинство НГДП в значительной степени завышают сроки службы автомобиля, в связи с чем они не могут быть признаны рациональными.

Многократное осуществление повторных капитальных ремонтов за время эксплуатации автомобиля и увеличение срока его службы влекут за собой необходимость значительного расширения ремонтной базы, увеличения поставок запасных частей, что в свою очередь оказывает непосредственное влияние на затраты предприятия [61, 108, 129]. В то же время чрезмерное сокращение сроков эксплуатации автомобилей также ведет к увеличению себестоимости перевозок из-за роста амортизационных отчислений.

В настоящее время одной из проблем НГДП в РФ является критический уровень состояния транспортных средств [42]. Большую часть из них эксплуатируют, превышая допустимые нормы срока службы, другая же значительная часть имеет срок эксплуатации близкий к критическому. Следовательно, это ведет к снижению показателей безопасности транспорта и уменьшению экономической эффективности его работы.

При формировании возрастной структуры парка следует соблюдать следующие рекомендации [19, 75, 77, 107]:

- необходимо осуществлять прогноз изменения возрастной структуры парка как минимум один раз в год, для внутрихозяйственных расчетов - раз в квартал или полгода;

- следует учитывать исходную возрастную структуру парка ТС, а также темпы списания и пополнения автомобилей;

- необходимо учитывать, что при старении автомобиля качественные показатели работы изменяются наравне с количественными. Происходящие изменения приводят к расширению номенклатуры материалов и запасных частей; появлению необходимости в выполнении новых видов работ, а также обновлении оборудования и наборе дополнительного персонала. Из-за снижения внешнего вида, комфортабельности и экологичности снижается конкурентоспособность автомобиля;

- омоложение парка подвижного состава, т.е. своевременное списание автомобилей, выработавших установленный ресурс, приводит к существенному и устойчивому улучшению показателей его работы;

- координацию управлением парка автомобилей целесообразно осуществлять несколько раз в год, т.к. раннее или позднее списание может привести к несвоевременности выполнения плана перевозок, к излишней нагрузке на техническую службу и снижению имиджа компании.

В связи с этим приоритетной задачей любого НГДП в области транспорта является установление соответствия между фактическим и рациональным сроком службы автомобилей, что является выгодным с экономической точки зрения.

Фактические сроки эксплуатации автомобилей, установленные в данное время на автотранспортных предприятиях нефтедобывающей отрасли Севера и Сибири, зависят от ряда факторов, рассмотренных подробнее в разделе 1.2.

## 1.2. Анализ факторов, влияющих на срок службы автомобилей

Факторы, влияющие на срок эксплуатации автомобилей были классифицированы и представлены на рис. 1.3. Выделяют внутренние и внешние эксплуатационные факторы, которые в процессе использования автомобиля влияют на его техническое состояние (рис. 1.4) [22, с. 6-24].



Рисунок 1.3 – Факторы, влияющие на срок службы автомобилей

Эксплуатационные факторы возможно оценить количественно с помощью следующих показателей [8, 9, 10, 11, 28, 37, 101, 105, 121 и др.](табл. 1.2).

Таким образом, срок службы автомобиля изменяется в зависимости от различных перечисленных факторов [27, 34, 56, 57, 69, 70, 71, 75, 78, 79, 81, 124, 129, 130, 135 и др.]. Данные факторы со временем оказывают непосредственное влияние на переход автомобиля в предельное состояние,

которое влечет за собой временное или окончательное прекращение его эксплуатации (рис. 1.5).

Таблица 1.2 – Эксплуатационные факторы, оказывающие влияние на срок службы автомобилей

Наименование фактора	Наименование показателей	Обозначение	Размерность
Внутренние факторы			
Скорость движения	Средняя техническая скорость движения	$V_T$	Км/ч
Интенсивность эксплуатации	Средний суточный пробег	L	км
	Количество перевезенных грузов	Q	т
Опыт вождения	Водительский стаж	T	лет
Стиль вождения	Количество аварий; число разгонов и торможений	N	Ед./год
		n	Ед./км.
Хранение автомобиля	Количество дней в году, которые приходится на безгаражное хранение	n	Дн./год
Частота ремонтных воздействий	Параметр потока отказов	w	Ед/1000 км.
Внешние факторы			
Химическая активность окружающей среды	Количество вредных химических веществ в воздухе (аммиак, серная кислота, сернистый ангидрид и т. д.); количество солевых растворов на дорожном покрытии	n	Мг / м <sup>3</sup>
			Кг/км
Состояние дорожного покрытия	Коэффициент сопротивления качению	f	-
	Степень износа дорожного покрытия	Y	%
Температура воздуха	Средняя температура воздуха за месяц	t	С
Осадки	Среднее месячное количество осадков;	h	Мм.
	количество дней с осадками за рассматриваемый период	N	Ед.
Влажность воздуха	Средняя относительная влажность воздуха за месяц	B	%
Скорость ветра	Средняя скорость ветра за месяц	V	М/с

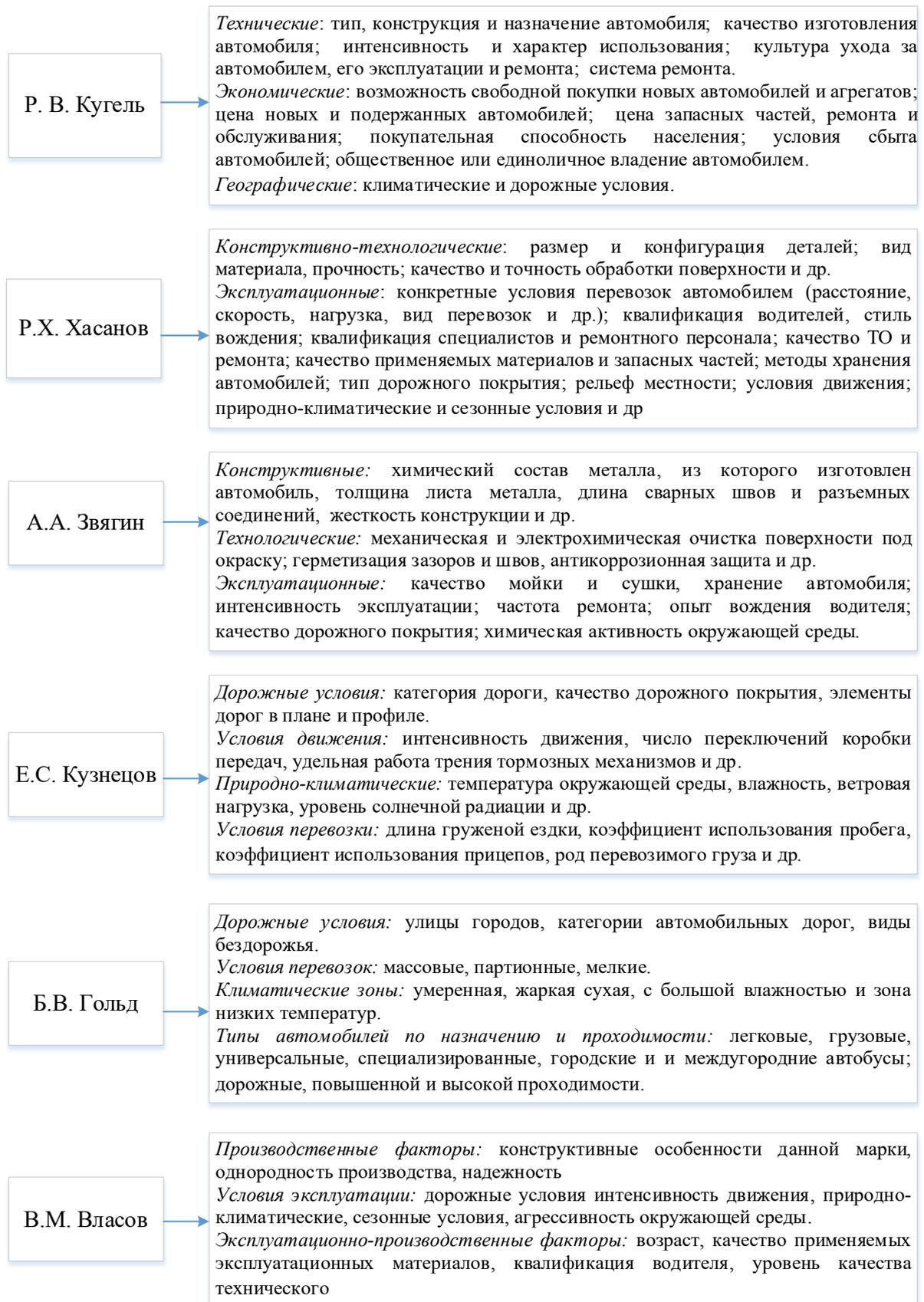


Рисунок 1.4 – Классификация факторов, влияющих на срок службы автомобиля

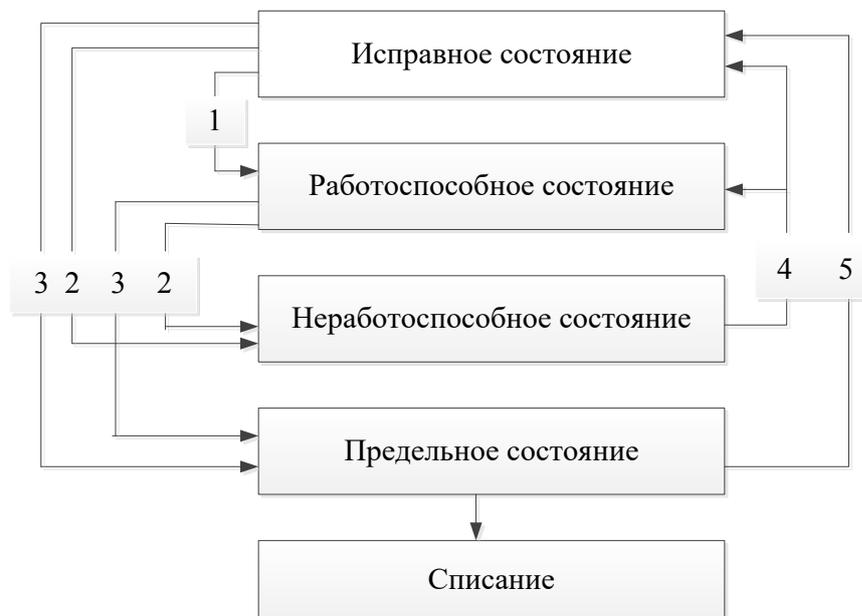


Рисунок 1.5 – Переход объекта из одного состояния в другое:

1 - повреждение, дефект; 2 - отказ; 3 - переход в предельное состояние;  
4 - восстановление; 5 – ремонт

Как видно из рис. 1.5, обратный переход в работоспособное и исправное состояние возможен благодаря ремонтным воздействиям и ТО.

Под воздействием ТО и ремонта изменяется физическое состояние автомобиля. Однако не только физический, но и моральный износ имеет значение для определения рационального срока службы автомобиля (рис. 1.6) [123, с. 20].

Следует помнить, что при выводе из эксплуатации морально устаревшего автомобиля могут возникнуть ряд проблем (рис.1.7)

Моральный износ автомобиля является сложным экономическим процессом, который требует исследования, учета, наблюдения, со стороны руководства предприятия. Для предприятия автотранспорта самым рациональным путем во избежание последствий морального износа является максимально полное и эффективное использование автомобиля в короткий

срок, а затем приобретение более совершенного, нового автомобиля и с максимальной интенсивностью его использование и т. д.



Рисунок 1.6 – Виды износа автомобиля

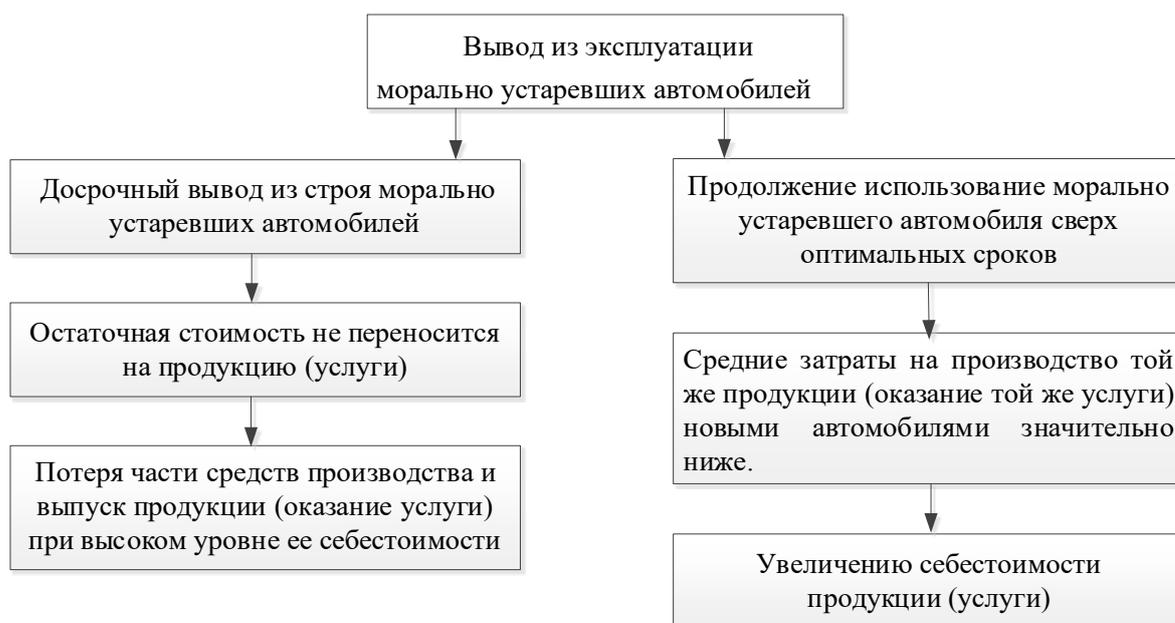


Рисунок 1.7 – Проблемы при выводе из эксплуатации морально устаревших автомобилей

В этом случае приоритетной задачей любого автотранспортного предприятия является максимальное повышение уровня использования автомобиля, увеличение интенсивности его эксплуатации и своевременное проведение модернизации парка автотранспортных средств.

Таким образом, для определения рационального срока службы автомобиля необходимо корректировать его с учетом множества факторов, которые подробно проанализированы в методиках расчета рационального срока эксплуатации автомобилей.

### ***1.3. Анализ методов и методик определения рационального срока службы автомобилей***

Для определения рационального срока службы автомобиля применяют аналитические и графические методы и их разновидности: статистические, графоаналитические, технико-экономические и другие методы [6, 48, 95, 127, 137, 138, 139, 143, 147 и др.].

Васильев В. О. в 1925 году предложил использовать графический метод, который позволяет учитывать не только величину амортизационных отчислений, но и размер расходов на восстановление машины. При увеличении срока эксплуатации автомобиля возрастает ежегодная себестоимость ремонта, но при этом уменьшаются ежегодные амортизационные отчисления на восстановление. Изменение суммы ежегодных затрат, используемое в качестве критерия оптимальности, указывает на наиболее рациональное решение: чем меньше средняя себестоимость, тем более выгоден срок службы автомобиля [66].

В 70-х годах графический метод утратил свое значение и стал применяться редко, это произошло в связи с развитием вычислительной техники.

Графоаналитический метод - это разновидность графического метода, который активно применялся в Америке в институте машиностроения и отраслей промышленности; он предусматривает для определения рационального срока службы автомобиля вычисление функциональных зависимостей и построение кривых, отображающих изменение стоимостных показателей. При этом происходит денежная оценка морального и физического износа автомобиля с учетом «реальной стоимости денег» и сравнение его с данными как по новым, так и старым моделям автомобилей. Минимум суммы издержек на возмещение вложенного капитала будет соответствовать рациональному сроку службы автомобиля. Данный метод имеет ряд достоинств: наглядность, простоту, достаточную точность; и ряд недостатков: длительный характер наблюдений, большую трудоемкость выполнения расчетов.

В основе большинства методов нахождения рациональных сроков службы автомобилей лежит определение критерия оптимальности. Максимизация прибыли, минимум себестоимости и другие показатели в зависимости от поставленных задач могут лежать в основе качестве критерия оптимальности.

Так, согласно мнению Колегаева Р. Н. «... под оптимальным с экономической точки зрения сроком службы автомобилей понимается срок, при котором за весь период службы затраты, отнесенные на единицу работы, при их эксплуатации будут равны минимуму» [66, с. 8].

По мнению Токарева Г. Г. рациональный срок службы машины должен привести за весь период эксплуатации к минимальному значению затрат на единицу пробега [123, с. 4].

В работах авторов Латыпова Р.А., Сухова Н, Хаймана Д. Н. критерий оптимальности представляет из себя отдельные составляющие себестоимости, проведенных работ. Например, Латыпов Р. А. [85] считает целесообразной эксплуатацию автомобиля только до тех пор, пока суммарные затраты на

текущий ремонт и амортизацию не превысят затраты на новый автомобиль. Сухов Н. [114], Хайман Д. Н. [134] в качестве критерия оптимизации предлагают расход на запасные части машин. По мнению Сухова Н. вопрос о физическом сроке эксплуатации автомобиля необходимо свести к определению норматива расхода запасных частей, по достижению которого осуществляется капитальный ремонт автомобиля, либо его направляют на списание.

В работе Чикуриной Н. В. [136] при расчете оптимального срока службы автомобилей приведенные затраты являются основным критерием оптимизации.

Минимизация удельных затрат в качестве критерия оптимизации срока службы автомобилей, несмотря на широкое применение, имеет ряд недостатков, например, сложность учета доходной составляющей прибыли от использования подвижного состава предприятия.

В качестве критерия оптимизации рядом авторов также предлагается использовать прибыль и рентабельность. Так, Мамыкин В. [92], Трикозюк В. [126] предполагают, что автомобиль должен использоваться до тех пор, пока величина прибыли от его эксплуатации не будет меньше себестоимости. Р. Н. Колегаев [65] видит в качестве оптимума срока службы автомобиля максимальную среднюю рентабельность за срок его службы.

Наиболее распространенные методы определения оптимального срока эксплуатации автомобиля представлены на рис. 1.8 – 1.10 [20, 26, 59, 66, 86, 97, 122, 123].

Таким образом, обзор и систематизация основных методик определения рациональных сроков службы автомобилей позволила сделать вывод, что все они построены на минимизации затрат и отличаются полнотой затрат, включаемых в расчет (от удельных текущих затрат до приведенных затрат).

Исходя из количества исходной информации и выбранного критерия оптимизации определяется математический аппарат, которые применяет автор для нахождения оптимальных сроков эксплуатации автомобилей:

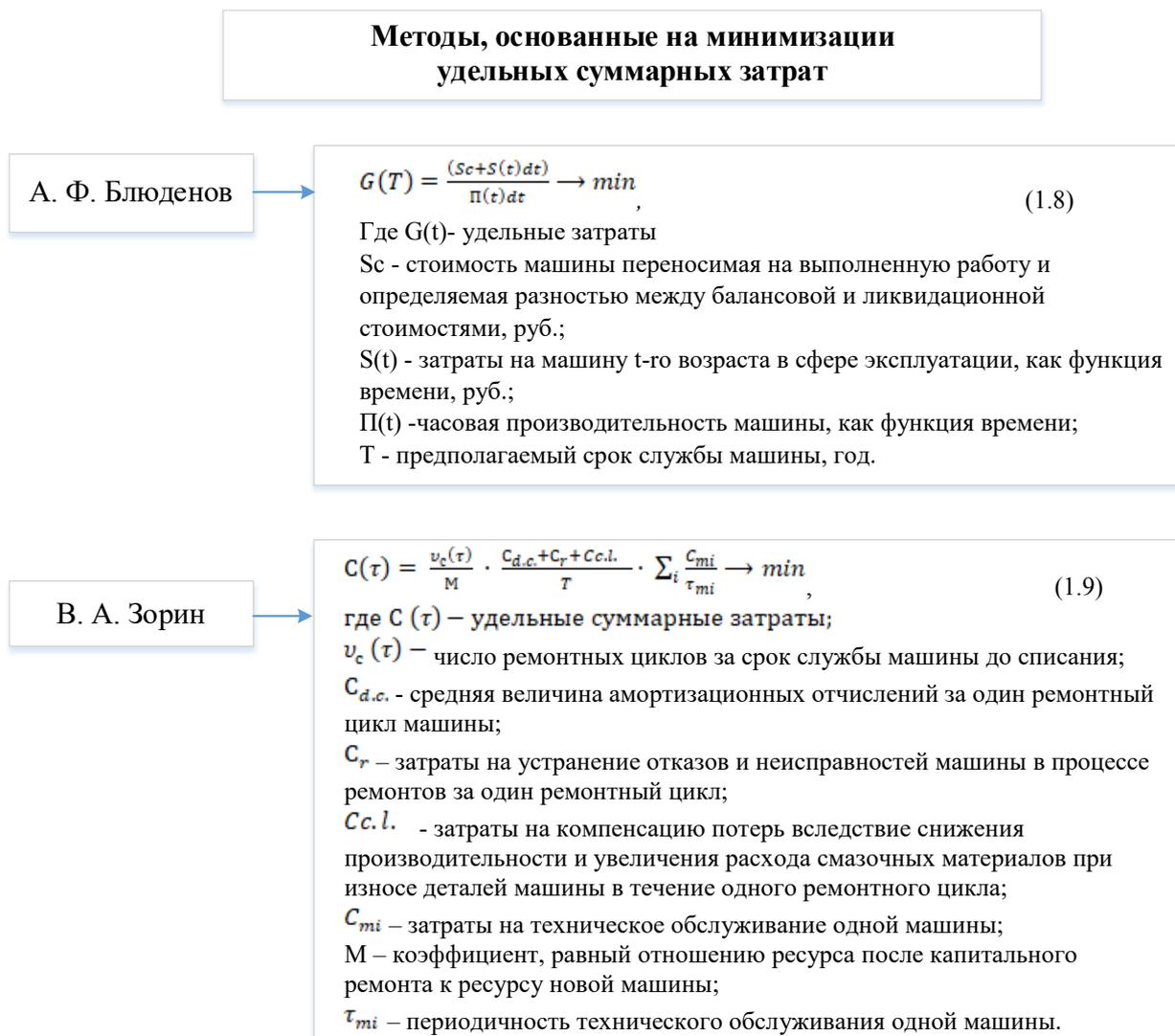


Рисунок 1.8 – Методы, в основе которых лежит минимизация удельных суммарных затрат

1) если критерием являются транспортные издержки, представленные в виде функции от срока службы автомобиля, то для вычисления используется решение системы уравнений, либо метод анализа функций;

2) теория вероятностей используется, если данные для определения оптимума носят вероятный характер;

## Методы, основанные на минимизации удельных текущих затрат

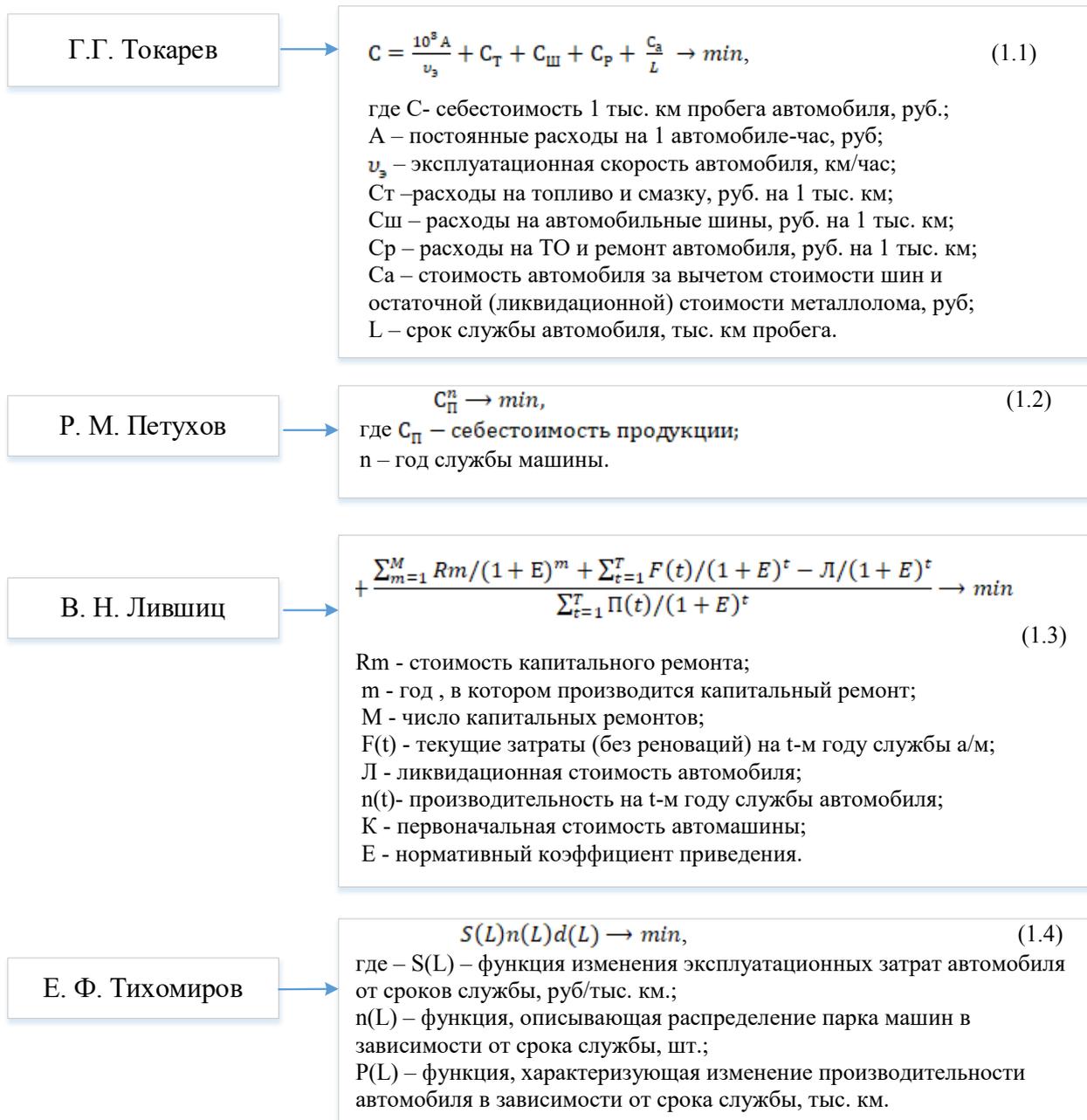


Рисунок 1.9 - Методы, в основе которых лежит минимизация удельных  
текущих затрат

3) аппарат решения дифференциальных уравнений и интегрального исчисления используют в редких случаях;

## Методы, основанные на минимизации удельных приведенных затрат

Л. Л. Вегер

$$(C_0 + E K_0) - (C_i + E K_i) \rightarrow \max, \quad (1.5)$$

(максимум экономии на приведенных затратах при замене парка машин старой модели новыми),  
где  $C_0, C_i$  - себестоимость продукции (услуг) всего парка машин за срок службы при работе действующих машин (парка машин заменяемой модели);  
 $K_0, K_i$  - единовременные затраты в условиях действующего парка машин и  $i$ -го варианта образования парка машин новой модели.

Р. Н. Коллегаев

$$Z = (K - Op) \cdot (E_n + Na) \cdot t_1 + C_\Sigma + P_\varepsilon + Op \cdot E_n \cdot t_2 \rightarrow \min, \quad (1.6)$$

где  $Z$  - удельная величина затрат, р;  
 $K$  - стоимость средства труда в момент его создания, р;  
 $C_\Sigma$  - затраты на производство общего объема продукции (услуг) за весь срок эксплуатации машины, р;  
 $P_\varepsilon$  - затраты на все виды ремонтов и осмотров, р;  
 $Op$  - предполагаемая цена реализации после окончания срока эксплуатации, р;  
 $Na$  - норма амортизации;  
 $t_1$  - срок службы машины, лет;  
 $E_n$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  
 $t_2$  - предполагаемый период функционирования машины после прекращения применения в данной сфере, лет;  
 $V$  - общий объем продукции (услуг), выпущенной (оказанной) за весь срок эксплуатации машины, шт (р).

Е. Индикт,  
В. Любимова

$$SPp = S(t) + \frac{K - \Delta K(t)}{P(t)} + \frac{E \cdot K}{P(t)} \rightarrow \min, \quad (1.7)$$

где  $SPp$  - приведенные удельные затраты на приобретение и эксплуатацию автомобиля;  
 $S(t)$  - средние за срок эксплуатации затраты (без отчислений на реновацию и капитальный ремонт), руб./10тыс.км.;  
 $K$  - цена автомобиля, руб.;  
 $\Delta K$  - остаточная стоимость автомобиля после  $t$  лет эксплуатации, руб.;  
 $E$  - нормативный коэффициент эффективности КВ.

Рисунок 1.10 – Методы, в основе которых лежит минимизация удельных  
приведенных затрат

4) методы линейного программирования, предложенные Блюденовым А. Ф., также могут быть использованы для нахождения оптимальных сроков службы [20];

5) симплекс метод, предложенный Тихомировым Е. Ф., используется в случае, когда показатель для расчета оптимума нельзя представить в виде математического выражения [122];

б) применения графического метода путем сопоставления затрат на осуществление работы с доходами от них (Мамыкин В.) [92].

Таким образом, выбор математического аппарата зависит от условий эксплуатации автомобилей, исходной информации и критериев оптимума.

Петухов Р. М., Львов Д. С., Колегаев Р. Н., Селиванов А. И. и другие ученые предлагали использовать аналитический метод при определении оптимального срока службы автомобиля [65, 66, 97, 110]. В основе аналитического метода лежит составление уравнений, при решении которых осуществляется достижение искомого результата.

Широкое использование компьютерной техники в процессах управления автотранспортными предприятиями, позволило применять при решении задач оптимизации срока службы автомобилей так называемые количественные методы, которые нередко используются при осуществлении экономической оценки предполагаемых стратегий замены подвижного состава [45, 64]. Количественные методы позволяет рассматривать очень сложные ситуации при расчете оптимального срока эксплуатации автомобиля, в связи с чем получили широкое распространение в России и за рубежом.

Таким образом, для определения оптимального и экономически выгодного срока эксплуатации автомобиля существует достаточно методик, однако все они имеют те или иные недостатки.

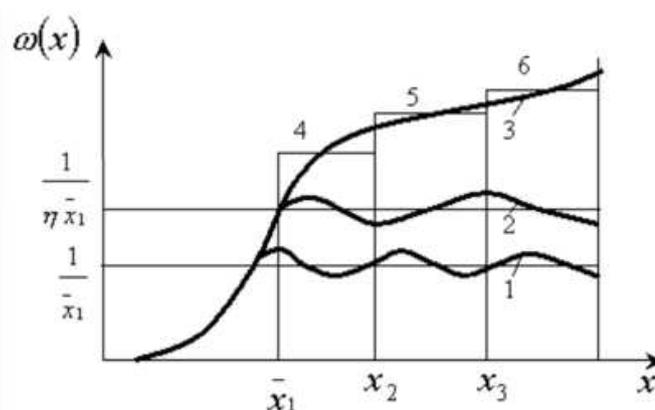
#### ***1.4. Анализ результатов исследований по установлению закономерностей изменения в процессе эксплуатации показателей надежности и эффективности автомобилей***

При установлении предельного срока службы автомобилей используются ряд критериев, связанных с затратами на приобретение и

эксплуатацию автомобилей. Критерии обеспечения надежности транспортно-технологического обслуживания не получили широкого распространения в таких исследованиях.

Очевидно, что показатели эффективности и надежности связаны между собою: так, например, от параметра потока отказов зависят затраты на ТР, простои в ремонте и потери прибыли по этой причине. Поэтому рассмотрим изменение по наработке как показателей надежности, так и показателей эффективности.

С увеличением наработки автомобиля количество отказов и, соответственно, параметр потока отказов, растут. В соответствии с классификацией Кузнецов Е.С. [72, 74, 76, 77] это изменение описывается закономерностями третьего вида (рис. 1.11).



- 1 – полное восстановление ресурса после каждого отказа;
- 2 – неполное, но постоянное восстановление ресурса после первого отказа;
- 3 – последовательное снижение полноты восстановления ресурса

Рисунок 1.11– Варианты изменения параметра потока отказа по наработке с начала эксплуатации [76]

Макарова А.Н. [90, 91] в результате имитационного моделирования композиций нескольких элементарных законов распределения получила закономерности изменения по наработке параметра потока для нескольких отказов (рис. 1.12).

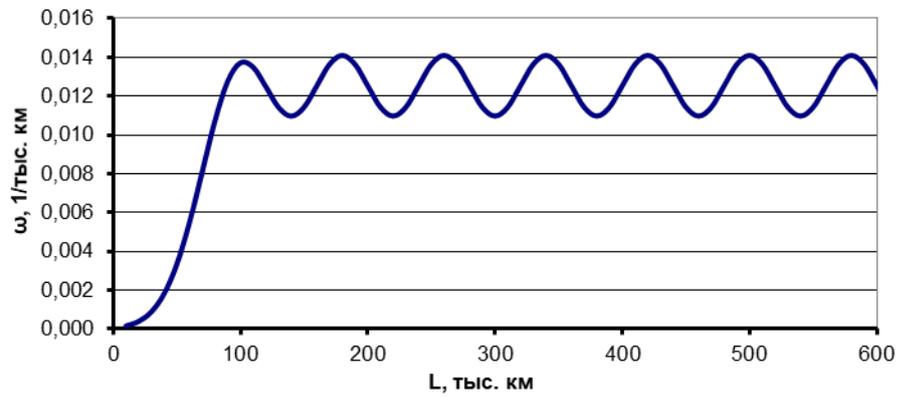
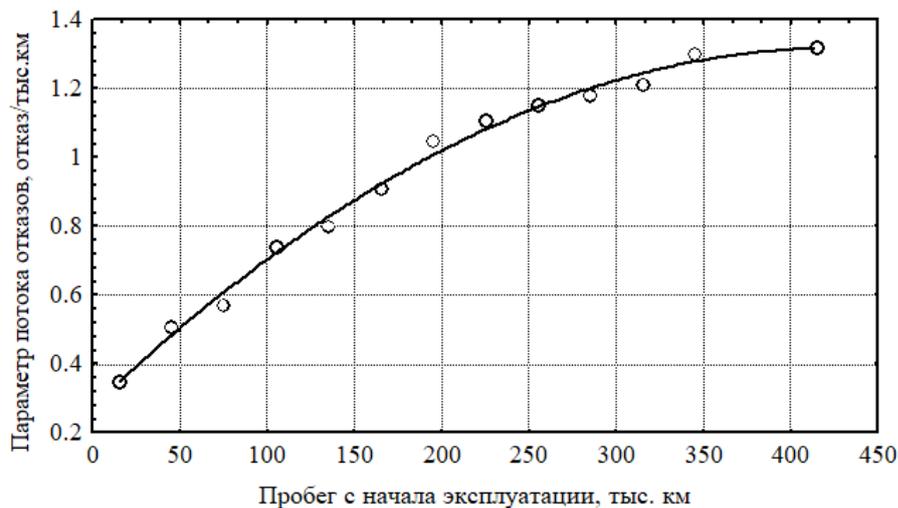


Рисунок 1.12– Изменение потока отказов по наработке при коэффициенте полноты восстановления ресурса  $\eta=1$  [90]

Наряду с теоретическими результатами есть и ряд практических, полученных на основе экспериментов. Так, Захаровым Н.С. [54, 55] и соавторами установлены закономерности изменения по наработке параметра потока отказов (рис. 1.13), удельной трудоемкости ТО и ТР (рис. 1.14) и удельных затрат на ТО и ТР (рис. 1.15).



$$\omega = 0,284 + 0,005L - 3,96 \cdot 10^{-6} L^2 + 3,26 \cdot 10^{-9} L^3.$$

Рисунок 1.13 – Влияние пробега с начала эксплуатации на параметр потока отказов автобусов ЛиАЗ-677 [125]

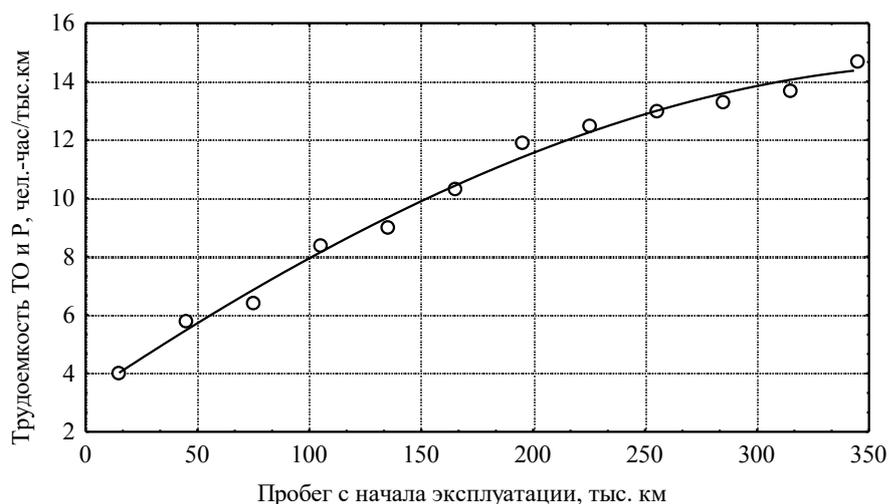


Рисунок 1.14 – Влияние пробега с начала эксплуатации на трудоемкость ТО и ТР автобусов ЛиАЗ-677 [125]

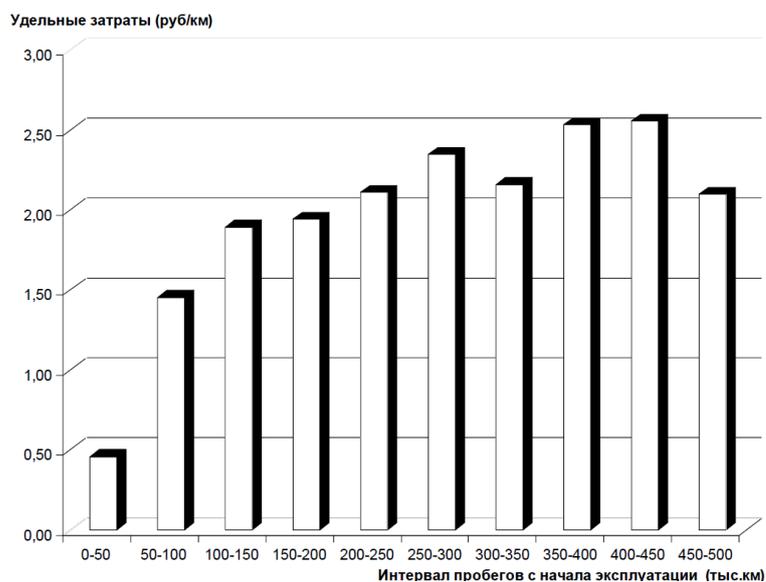


Рисунок 1.15 – Изменение удельных затрат на ТО и ТР автомобилей КАМАЗ по интервалам наработки [51]

Изменение по пробегу трудоемкости ТО и ТР (рис. 1.16) для автомобилей разных типов установлено Терентьевым А.В. [115, 118, 119, 120]. Для описания этих зависимостей автор предлагает использовать полиномы третьей степени (1.2):

$$y = 7 \cdot 10^{-8}x^3 - 2 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,003x + 0,0011. \quad (1.2)$$

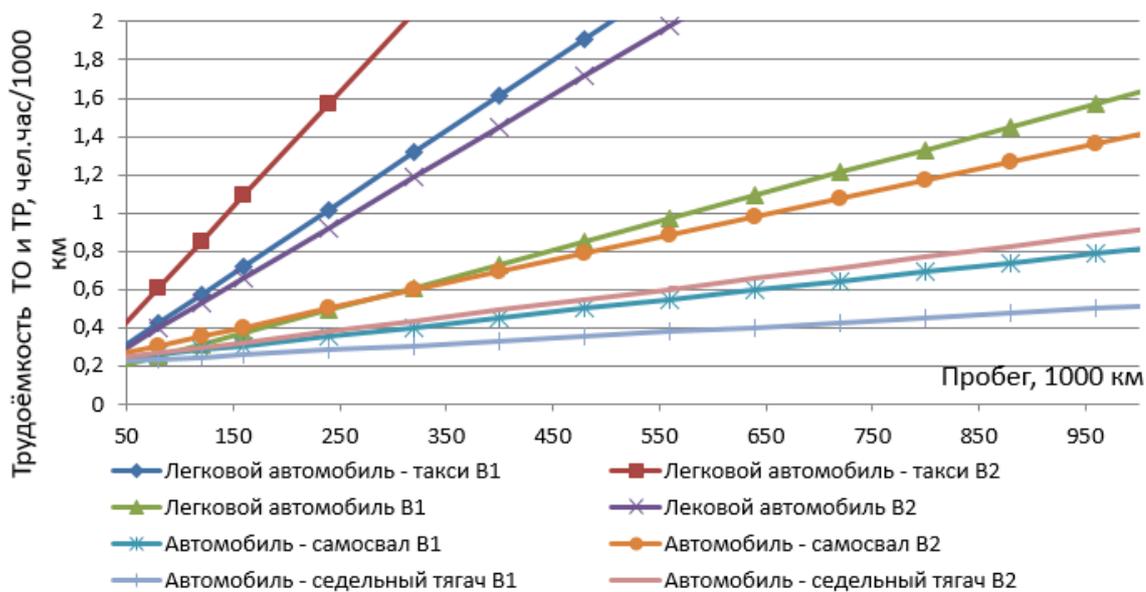


Рисунок 1.16– Графики функций удельной трудоёмкости ТО и ТР исследуемых групп автомобилей [115]

В таблице 1.3 показано изменение технико-экономических показателей работы автобусов по наработке.

Таблица 1.3 – Изменение показателей работы автобуса большого класса от пробега, % [81]

Интервалы пробега, тыс. км	Коэффициенты		Доход на один автобус	Наработка		Потери линейного времени из-за отказа		Простой в ремонте
	технической готовности	выпуск на линию		на неисправность	на отказ	число случаев	Часы	
0-100	100	100	100	100	100	100	100	100
100-200	98	98	99	87	68	150	138	122
200-300	93	92	82	49	52	200	174	176
300-400	83	84	64	38	30	344	304	250
Свыше 400	75	74	41	34	24	441	388	297

Аналогичные результаты, но с учетом времени эксплуатации, приводит Кузнецов Е.С. (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Изменение реализуемых показателей качества автомобилей по времени [80, 81]

Время эксплуатации, лет	Годовая производительность, %	Годовые затраты на обслуживание и ремонт, %
1	100	100
4	75-80	160–170
8	55–60	200–215
12	45–50	280–300
В среднем	68–73	185–196

Анализ приведенных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- с увеличением наработки показатели надежности и технико-экономические показатели автомобилей ухудшаются;
- с увеличением наработки параметр потока отказов автомобилей растет нелинейно, при больших наработках интенсивность его увеличения снижается;
- показатели технико-эксплуатационных свойств также ухудшаются с увеличением возраста автомобилей;
- нет исследований, посвященных изучению совместного влияния наработки и возраста на параметр потока отказов.

### ***1.5. Анализ исследований по обеспечению надежности транспортно-технологических систем***

Теория надежности транспортно-технологически систем находится на начальном этапе формирования. На практике транспортные компании для повышения надежности транспортно-технологического обслуживания используют знания в области методологии решения проблем безопасности дорожного движения, ситуационного управления автомобильными перевозками, технической эксплуатации автомобилей, управления цепями поставок, риск-менеджмента и других научных направлений.

Первые работы в области теории надежности технических систем были выполнены в первой половине прошлого века, они посвящены расчетам прочности механических систем и применению к ним теоретико-вероятностных и статистических методов. Например, Ржаницыным А. Р. были предложены статистические методы расчета надежности объектов строительной механики [104]. В последующих исследованиях появились определения надежности систем [18, 25, 31, 44, 99, 88, 102], они основывались на интенсивностях отказов элементов, которые составляют данную систему. Также проводились исследования закономерностей влияния факторов на возникновения отказов или предельных состояний технического объекта при эксплуатации и хранении [15, 23].

В работах по повышению надежности цепей поставок [24, 89, 115, 127, 140] авторы также упоминают надежность транспортных систем, а также представляют классификацию отказов транспортных систем и классификацию факторов повышения надежности транспортной системы.

Фундаментальные основы теории транспортных потоков также используются применительно к надежности транспортных систем: в них представлен расчет рациональных схем транспортирования объекта перевозки по автодорожной сети с учетом фактической ее загрузки, методы оценки водителя по критерию надежности, принципы начисления страховых выплат компании в случае наступления отказа и др. [21, 47, 68].

В исследованиях по планированию и управлению автомобильными перевозками [30, 46, 67] рассмотрены критерии оптимальности перевозок, методы выбора автотранспортных средств, методики выбора перевозчика, подходы к формированию системы показателей для оценки их эффективности.

Наиболее полное исследование в области обеспечения надежности функционирования транспортных систем было проведено Грязновым М. В. [41], который определил надежность, как «комплексное свойство, включающее способность транспортной системы выполнять согласованные

между заказчиком и исполнителем транспортной услуги требования по количеству и состоянию перевозимого груза, безопасности пассажиров ... а также поддержания и восстановления заданного уровня транспортного обслуживания».

Проведенный анализ позволил сделать вывод, что в настоящее время система знаний о надежности транспортно-технологических систем сформирована не полностью. На практике работники предприятия для снижения простоев и отказов транспортных средств, повышения надежности транспортно-технологической системы руководствуются знаниями в таких направлениях, как безопасность дорожного движения, риск-менеджмент, управление цепями поставок, техническая эксплуатация автомобилей и др.

#### ***1.6. Нормативно-правовое обеспечение и применение стандартов в области надежности функционирования транспортно-технологических систем***

Нормативно-правовое регулирование в РФ осуществляется на федеральном, региональном и местном уровне с помощью различных нормативно-правовых актов (федеральных законов, указов Президента РФ, постановлений правительства РФ, приказов министерств и др.). Нормативно-правовые акты, регулирующие работу автомобильного транспорта представлены на рисунке, однако большинство из них оказывают опосредованное влияние на надежность функционирования транспортно-технологических систем (рис. 1.17). На международном уровне примером нормативно-правовых документов, регламентирующих работу автомобильного транспорта, являются технические регламенты. Технические регламенты Таможенного союза, в который входят пять стран, представлены на рисунке.



Рисунок 1.17 – Обеспечение надежности функционирования транспортно-технологических систем нормативно-правовыми актами

Как видно из рисунка, нормативно-правовая база в области работы автомобильного транспорта включает большое количество нормативно-правовых актов различного уровня. В данных нормативно-правовых актах

регламентируются требования к профессиональной надежности водительского состава автотранспортных предприятий, требования к безопасности дорожного движения и др. Однако непосредственное регламентирование вопросов обеспечения надежности транспортно-технологических систем в данных актах не осуществляется. Таким образом, сфера правового регулирования в области обеспечения надежности транспортно-технологических систем находится на стадии зарождения.

Помимо нормативно-правовой системы существует нормативно-методическая система технического регулирования, основой которой является система национальных и международных стандартов. Нормативное обеспечение надежности транспортно-технологических систем основывается на ряде групп международных и национальных стандартов

Основные нормативные международные и межгосударственные стандарты в области обеспечения надежности транспортно-технологических систем можно разделить на четыре группы (рис. 1.18).

1. Группа стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК).
2. Группа стандартов Международной организации по стандартизации (ИСО).
3. Группа стандартов Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС).
4. Стандарты безопасности и облегчения мировой торговли, разработанные Всемирной таможенной организацией (ВТО).

Основные национальные стандарты в области обеспечения надежности транспортно-технологического обслуживания представлены следующими стандартами:

1. Национальные стандарты по организации автомобильных перевозок. Основным стандартом является ГОСТ Р 51006-96 Услуги транспортные. Термины и определения.

Применение стандартов в области надежности функционирования транспортно-технологических систем



Рисунок 1.18 – Нормативное обеспечение надежности транспортно-технологических систем.

2. Система стандартов «Надежность в технике». Это группа стандартов, внесенных техническим комитетом по стандартизации «Надежность в технике» (ТК 119) и утвержденных Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

3. Система стандартов «Менеджмент риска». Это группа стандартов, внесенных техническим комитетом по стандартизации «Менеджмент риска» (ТК10) и утвержденных Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

Как видно из рисунка, нормативно-методическая система технического регулирования представлена большим количеством национальных и международных стандартов. При этом многие национальные стандарты основываются на ранее принятых международных и межгосударственных стандартах и идентичны им.

После проведения анализа нормативно-методической системы в области обеспечения надежности транспортно-технологического обслуживания, можно сделать вывод, что несмотря на большое количество стандартов в данной области, большинство из них на практике не используются и не считаются обязательными к применению, что является сдерживающим фактором повышения надежности транспортно-технологических систем.

### ***1.7. Выводы по разделу 1. Задачи исследований***

На основе анализа исследований, выполненных ранее российскими и зарубежными учеными, были сформулированы следующие выводы.

1. Большинство нефтегазодобывающих предприятий перешли на аутсорсинг, работая с автотранспортными предприятиями на основе контрактов. До настоящего времени не существовало нормативного документа, в котором были бы указаны возрастные ограничения для техники, предоставляемой по договору аутсорсинга, поэтому существующие в

настоящее время сроки эксплуатации автомобилей нефтегазодобывающих предприятий значительно завышены и не являются рациональными

2. Рациональный срок службы - срок службы далее которого не целесообразно использовать автомобиль по какому-либо критерию, например, по заданному уровню надежности транспортно-технологического обслуживания.

3. На срок эксплуатации автомобилей оказывает влияние раз факторов, в том числе эксплуатационные, природно-климатические, конструктивные, технологические и др. Однако в исследованиях, выполненных ранее мало уделено внимания определению, какие факторы оказывают на срок службы наибольшее влияние.

4. Ранее разработан ряд методов определения сроков службы автомобилей. Наиболее применяемым методом для определения рационального срока службы автомобиля является технико-экономический метод, однако он не всегда может быть применим и имеет ряд ограничений в использовании: на графике суммарных затрат минимум не всегда явно локализуется.

5. Ранее установлено, что коэффициент технической готовности и параметр потока отказов изменяется с увеличением наработки и времени. Однако в ранее выполненных исследованиях не учтено совместное влияние данных показателей.

6. Существует множество нормативно-правовых актов и стандартов в области обеспечения надежности транспортно-технологического обслуживания, однако в большинстве из них происходит опосредованное регламентирование данной области.

Анализ, проведенный в исследовательской работе, позволил сформулировать ряд задач, которые позволят достичь поставленной цели:

- 1) определить факторы, влияющие на срок службы автомобилей;

2) обосновать методы определения рационального срока службы автомобилей;

3) установить закономерности влияния возраста и наработки на параметр потока отказов автомобилей и коэффициент технической готовности;

4) разработать методику определения рационального срока службы автомобилей.

## 2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Общая методика исследований

В основе общей методики исследования данной работы лежит системный подход, который Захаров Н. С. определяет, как методологическое направление научного познания. Его основой является рассмотрение объектов, как системы [53].

Первым этапом исследования является обоснование актуальности темы исследования, а также происходит постановка цели и задач, выбор предмета и объекта исследования (рис. 2.1).

Далее проводится анализ состояния вопроса, в результате которого цель и задачи могут быть скорректированы.

На основе поставленной цели выполняются теоретические исследования и проводится эксперимент.

Первой задачей теоретических исследований является выявление факторов, влияющих на срок службы автомобилей – применяются методы анализа и синтеза, лежащие в основе системного подхода. Также для решения данной задачи применяется экспертный метод, позволяющий отбросить факторы, которые не оказывают непосредственного влияния на объект исследования, либо оказывают незначительное влияние. Пассивный эксперимент является окончательным этапом отбора факторов.

Второй задачей теоретических исследований является обоснование методов определения рационального срока службы автомобилей – используется аксиоматический подход, элементы системного анализа, метод регрессионного анализа.

Для решения третьей задачи теоретических исследований – разработки гипотез о виде математической модели, необходимой для определения рационального срока службы автомобиля – используется гипотетический метод. Разрабатываются гипотезы об изменении параметра потока отказов и

коэффициента технической готовности по наработке и времени. Проверка гипотез осуществляется с помощью натуральных пассивных экспериментов.



Рисунок 2.1 – Общая методика исследования

В основе решения четвертой задачи теоретических исследований – разработки модели функционирования системы в целом – лежит метод имитационного моделирования.

Метод пассивного эксперимента применяется при решении первой задачи эксперимента – проверки гипотезы о виде перечня факторов.

При решении второй и третьей задачи экспериментальных исследований используется метод имитационного активного эксперимента.

На основе экспериментальных исследований осуществляется разработка методики практического использования полученных результатов и происходит оценка эффективности полученных результатов. При этом применяется аналитический метод и метод индукции.

## ***2.2. Обоснование цели и целевой функции***

В экономике России важную роль играет нефтегазовый сектор. Реализация нефти и газа позволяет сформировать существенную часть бюджета страны. Эффективность функционирования нефтяных и газовых месторождений зависит от своевременного выполнения ряда технологических операций. При этом важная роль принадлежит технологическому транспорту. С помощью автомобилей на месторождения доставляют различные грузы, работников предприятий, а специальные автомобили выполняют ряд технологических операций в процессах разведки, бурения, добычи и капитального ремонта скважин. Совокупность подвижного состава, путей сообщения, транспортной инфраструктуры и объектов нефтегазодобычи представляют собой транспортно-технологическую систему (ТТС). В общем виде транспортно-технологическое обслуживание (ТТО) – это процесс функционирования указанной системы.

На основе определения термина «Транспортное обслуживание», приведенного в ГОСТ Р 51006-96 [39], сформулируем определение

транспортно-технологического обслуживания (ТТО): ТТО – это процесс предоставления заказчикам услуг по перевозке грузов и пассажиров, а также технологических услуг с использованием оборудования, смонтированного на специальных автомобилях, в соответствии с действующими нормами и требованиями заказчика

В исследованиях Грязнова М. В. предлагается оценку надежности транспортной системы основывать на критерии, определяемом отношением числа выполненных заявок без нарушений требований заказчика к общему числу заявок на доставку, принятых к исполнению за определенный период [41].

Транспортно-технологическое обслуживание (ТТО) процессов нефтегазодобычи включает осуществление:

- грузовых перевозок;
- пассажирских перевозок;
- участие специальных автомобилей в технологических процессах.

В этих условиях ТТО не всегда возможно разбить на отдельные заявки. Например, специальные автомобили иногда участвуют в длительных непрерывных технологических процессах. Поэтому для оценки надежности используем не долю выполненных заявок, а долю времени штатного выполнения ТТО. Это вполне соответствует определению надежности транспортного обслуживания, в котором указывается на «... предоставление их [услуг] потребителям в заданных объемах и качестве в течение установленного времени» [39].

Рассмотрим период времени  $T_d$ , в течение которого подрядчик осуществляет транспортно-технологическое обслуживание объектов заказчика в соответствии с договором.

Для оценки надежности обслуживания Грязнов М. В. предложил использовать математический аппарат бинарной логики [41]. Исходя из этого обозначим:  $T_1$  – продолжительность периода, когда транспортно-

технологическое обслуживание выполняется в соответствии предъявляемыми заказчиком требованиями;  $T_0$  – продолжительность периода отказа в транспортно-технологическом обслуживании. Тогда показатель надежности ТТО можно определить по формуле 2.1:

$$K_R = \frac{T_1}{T_d}. \quad (2.1)$$

По своей сути  $K_R$  – это вероятность выполнения транспортно-технологического обслуживания в соответствии предъявляемыми заказчиком требованиями.

За период обслуживания каждый элемент системы может находиться только в двух состояниях – работоспособном или неработоспособном, поэтому (2.2):

$$T_d = T_1 + T_0. \quad (2.2)$$

Надежность транспортно-технологических систем не сводится только к надежности подвижного состава. Отказ в ТТО может быть обусловлен разными причинами, поэтому (2.3):

$$T_0 = T_{ТО} + T_{ТР} + T_{УЭ} + T_{ОР} + T_B + T_{пр.}, \quad (2.3)$$

где в правой части уравнения представлены продолжительности периодов отказа в обслуживании по причинам:  $T_{ТО}$  – выполнения ТО;  $T_{ТР}$  – выполнения текущего ремонта;  $T_{УЭ}$  – из-за условий эксплуатации (непроезжаемые дороги при переувлажнении, затоплении, снежных заносах, а также низкие температуры воздуха);  $T_{ОР}$  – отсутствия ресурсов (топлива, смазочных материалов, специальных жидкостей, ...);  $T_B$  – отсутствия водителей (отпуск, болезнь, ...);  $T_{пр.}$  – по прочим причинам.

Следовательно, можно записать (2.4):

$$K_R = \frac{T_1}{T_1 + T_{ТО} + T_{ТР} + T_{УЭ} + T_{ОР} + T_B + T_{пр.}}. \quad (2.4)$$

Учитывая, что (2.5):

$$K_R = \frac{T_D - T_0}{T_D}, \quad (2.5)$$

представим  $K_R$  в следующем виде (2.6):

$$\begin{aligned} K_R &= \frac{T_D - T_{ТО} + T_{ТР} + T_{УЭ} + T_{ОР} + T_B + T_{пр.}}{T_D} = \\ &= \frac{T_D}{T_D} + \frac{T_{ТО} + T_{ТР}}{T_D} + \frac{T_{УЭ}}{T_D} + \frac{T_{ОР} + T_B + T_{пр.}}{T_D}. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Обозначим (2.7 -2.9):

$$K_F^{(Т)} = \frac{T_{ТО} + T_{ТР}}{T_D} = 1 - \alpha_T; \quad (2.7)$$

$$K_F^{(УЭ)} = \frac{T_{УЭ}}{T_D}; \quad (2.8)$$

$$K_F^{(орг.)} = \frac{T_{ОР} + T_B + T_{пр.}}{T_D}, \quad (2.9)$$

где  $K_F^{(Т)}$  – коэффициент отказа в обслуживании по техническим причинам (коэффициент технической неготовности);

$\alpha_T$  – коэффициент технической готовности;

$K_F^{(УЭ)}$  – коэффициент отказа в обслуживании из-за условий эксплуатации

$K_F^{(орг.)}$  – коэффициент отказа в обслуживании по организационным причинам.

Тогда:

$$K_R = 1 - K_F^{(T)} - K_F^{(YЭ)} - K_F^{(орг.)}. \quad (2.10)$$

По своей сути  $K_R$  – это вероятность выполнения транспортно-технологического обслуживания в соответствие предъявляемыми заказчиком требованиями.

От надежности подвижного состава зависит надежность транспортно-технологического обслуживания, а также эффективность функционирования нефтегазобывающих предприятий. В свою очередь, надежность зависит от большого числа факторов. Одни из самых значимых – возраст и наработка с начала эксплуатации автомобилей. Этот факт определяет актуальность исследований, направленных на установление закономерностей влияния указанных факторов на надежность автомобилей, а также транспортно-технологического обслуживания.

Цель исследований – повышение надежности ТТО процессов нефтегазодобычи путем выявления закономерностей влияния наработки и возраста автомобилей на их надёжность и установления на этой основе предельного возраста автомобилей

Первым важнейшим этапом исследования является целевое обоснование и формирование целевой функции.

Цель исследования соответствует научной специальности 2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте: п. 2. Технологии организации транспортной работы и оптимизация структуры подвижного состава, воздушных, морских, речных судов в транспортных системах; п. 11. Надежность и безопасность функционирования транспортных систем, управление рисками.

Одним из основных факторов, влияющих на возрастную структура парка автомобилей, является их срок службы [75]. От возрастной структура

при этом зависят такие показатели деятельности предприятия, как себестоимость, КТГ, производительность автомобилей, количество рабочих мест, потребность в запасных частях, соответственно, возрастная структура парка оказывает влияние на АТП в целом и, в частности, на работу инженерно-технической службы. Срок службы автомобилей оказывают большое влияние на параметр потока отказов и производительность автомобиля, что непосредственно оказывает влияние на конечные экономические результаты деятельности предприятия.

В связи с этим основной целью исследования является разработка методики определения рационального срока эксплуатации автомобиля, которая приведет повышению надежности транспортно-технологического обслуживания предприятий.

На рис. 2.2 представлено дерево целей разработки методики определения рационального срока службы автомобилей.



Рисунок 2.2 – Дерево целей повышения эффективности использования автомобилей путем разработки и использования методики определения рационального срока службы автомобилей

Исходя из дерева целей в рамках системного подхода, были сформулированы целевые функции (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Целевые функции

Номер целевой функции	Критерии предельного срока эксплуатации	Целевая функция
1	Оптимальный срок службы	$C_{\Sigma}(L, T) \rightarrow \min$
2	Предельный срок службы по условию надежности обслуживания	$\alpha_T(L, T) \geq \alpha_T^{(пр.)}$
3	Предельный срок службы по условию безопасности	$\omega(L, T) \leq \omega_{пр.}$

### 2.3. Анализ целевых функций

Рассмотрим асимптотику функции (1). Выдвинем гипотезу, что при определенной интенсивности эксплуатации функция  $Z_{\text{сум}}$  будет либо иметь четко выраженный минимум, либо нечетко выраженный минимум, либо минимума может не быть.

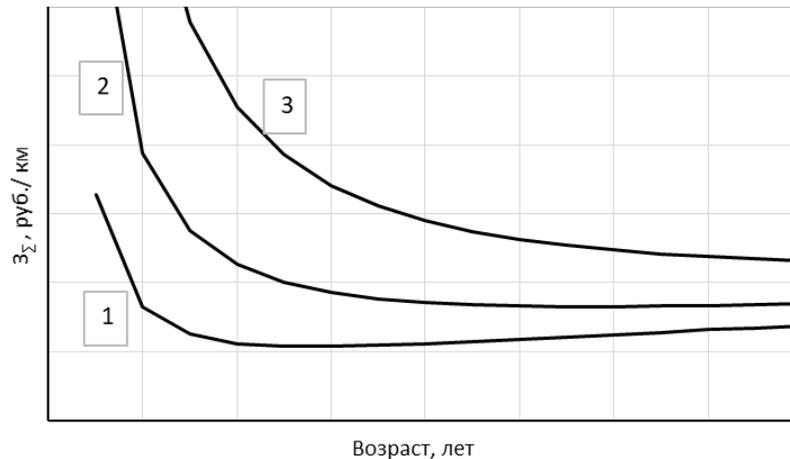


Рисунок 2.3 – Гипотеза о виде целевой функции (1): 1 – наличие минимума; 2 – нечетко выраженный минимум; 3 – монотонная зависимость

Рассмотрим первый типичный случай. Выдвинем предположение, что функция  $Z_{\text{сум.}}$  при определенной интенсивности эксплуатации не будет монотонной (рис. 2.4) и будет иметь ярко выраженный минимум.

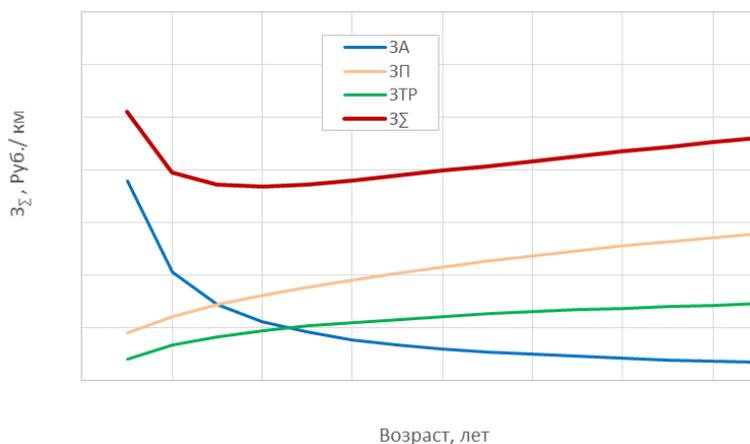


Рисунок 2.4 – Зависимость суммарных затрат от возраста автомобилей при высокой интенсивности эксплуатации

Во втором случае предполагается, что функция  $Z_{\text{сум.}}$  (рис. 2.5) не будет иметь ярко выраженный минимум.

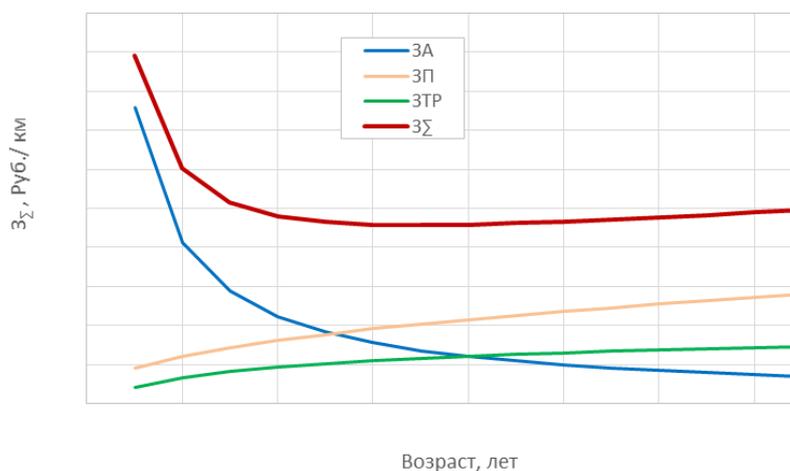


Рисунок 2.5 – Зависимость суммарных затрат от возраста автомобилей при средней интенсивности эксплуатации

В третьем случае предположим, что функция  $Z_{\text{сум.}}$  будет монотонна и не будет иметь минимума.

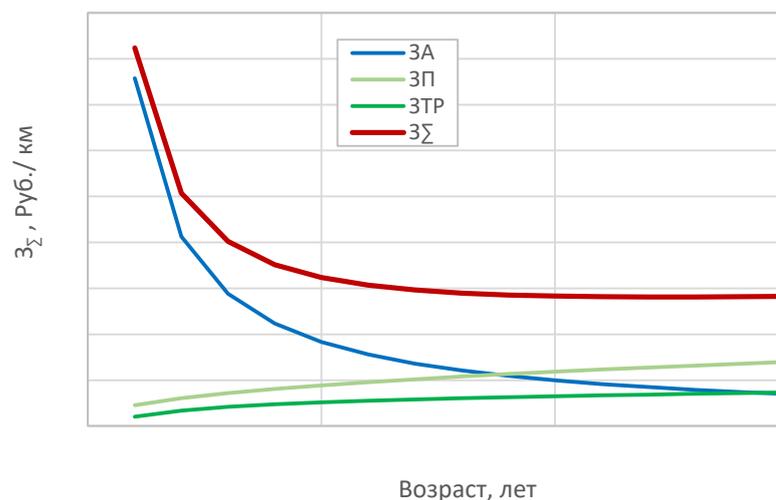


Рисунок 2.6 – Зависимость суммарных затрат от возраста автомобилей при низкой интенсивности эксплуатации

Таким образом, была выдвинута гипотеза, что в двух из трех рассмотренных случаев определение рационального срока использования автомобиля является невозможным. Единственный случай, при котором возможно однозначное достижение указанной цели – когда зависимость удельных затрат от возраста имеет ярко выраженный минимум. Несмотря на то, что на практике одним из распространенных методов определения рационального срока службы автомобилей является метод технико-экономического анализа, использование данного метода не всегда позволяет найти решение данного вопроса.

#### ***2.4. Отбор факторов, влияющих на срок эксплуатации автомобилей***

Отбор факторов, оказывающих влияние на срок эксплуатации автомобилей, производился с учетом выполненных ранее исследований. За методологическую основу при этом был принят системный подход.

Все факторы, влияющие на срок эксплуатации автомобилей целесообразно разделить на четыре основные группы:

- 1 – эксплуатационные;

2 – природно-климатические условия;

3 – организационно-технологические;

4 – производственные.

Эксплуатационные факторы – самая многочисленная группа факторов, которые включают: дорожные условия, режим работы и отдыха, качество вождения.

Дорожные условия включают в себя тип дорожного покрытия и его состояние, профиль дороги (поперечный и продольный), дорожный план, условия (интенсивность) движения.

Режим работы включает среднее значение и неравномерность скорости движения; использование пассажироместимости и грузоподъемности; интенсивность эксплуатации; пробег; расстояние, на которое осуществляется перевозка; продолжительность и частота остановок транспорта; наличие или отсутствие прицепа.

Качество вождения подразумевает водительский класс и стаж, а также характер вождения.

Природно-климатические факторы включают температуру воздуха, атмосферное давление, уровень снега, льда, влаги на дорожном покрытии, влажность, ветровую нагрузку, уровень солнечной радиации, а также агрессивность среды.

К организационно-технологическим факторам относятся квалификация ремонтных рабочих, размер автотранспортного предприятия; количество производственных площадей; наличие необходимого технологического оборудования; разномарочность парка автомобилей; способ хранения автомобилей между сменами.

К производственным факторам относят особенности конструкции данной марки и модели автомобиля и их надежность, а также степень однородности производства.

Предварительная оценка значимости факторов была проведена с использованием методов экспертного анализа, а именно методики Е. С. Кузнецова [76]. В ходе осуществления работы была произведена разработка анкеты для опроса экспертов, сформирована группа экспертов в составе десяти человек, проверен их опыт, знания и компетентность в данной области, проведен их инструктаж. Эксперты осуществили ранжирование представленных факторов. Данные, которые получили после анализа анкет, представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты экспертного опроса

Вид факторов	Ранги, которые выставили эксперты									
	Эксперт № 1	Эксперт № 2	Эксперт № 3	Эксперт № 4	Эксперт № 5	Эксперт № 6	Эксперт № 7	Эксперт № 8	Эксперт № 9	Эксперт № 10
Дорожные условия	1	2	1	2	2	1	3	2	1	2
Режим работы	2	4	5	5	3	3	2	3	4	3
Качество вождения	4	3	4	3	4	4	6	4	5	4
Природно-климатические условия	3	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Организационно-технические факторы	6	5	3	6	5	5	4	5	3	6
Производственные факторы	5	6	6	4	6	6	5	6	6	5
СУММА	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

С помощью коэффициента конкордации Кенделла (2.11) была проверена согласованность мнений экспертов:

$$W = \frac{12 \cdot 1330}{10^2(6^3 - 6)} = 0,76. \quad (2.11)$$

Средняя сумма рангов равна 35,0. Рассчитанное значение коэффициента координации превышает 0,5, что свидетельствует о согласованности мнений экспертов. Критерий Пирсона ( $\chi^2 = 38,0$ ) позволяет оценить неслучайность согласованности мнений экспертов. Ранжирование факторов, которые влияют на срок службы автомобилей, представлено в табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Результаты априорного ранжирования

Вид факторов	Сумма рангов	Средний ранг	Приоритет	Вес фактора
Дорожные условия	17	1,7	2	0,10
Режим работы	34	3,4	3	0,14
Качество вождения	41	4,1	4	0,19
Природно-климатические условия	15	1,5	1	0,05
Организационно-технические факторы	48	4,8	5	0,24
Производственные факторы	55	5,5	6	0,29
Итого	210		21	1,00

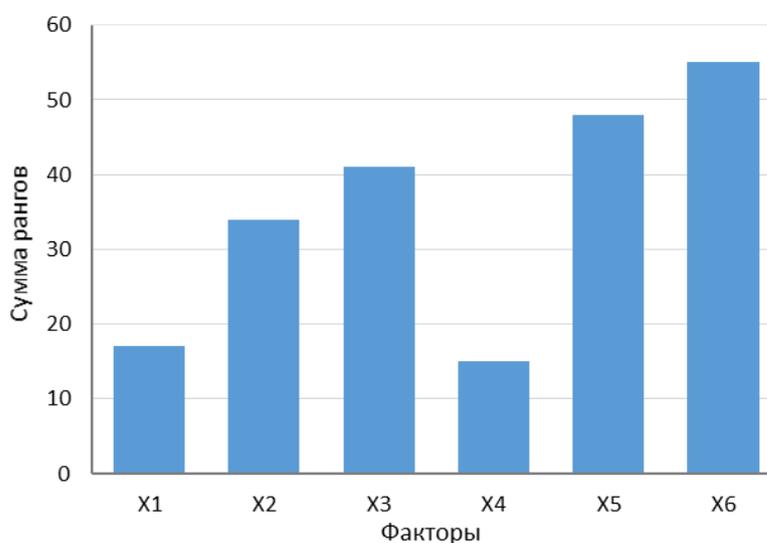


Рисунок 2.7 – Априорная диаграмма рангов факторов, влияющих на срок эксплуатации автомобилей: X1 – дорожные условия; X2 – режим работы; X3 – качество вождения; X4 – природно-климатические условия; X5 – организационно-технические факторы; X6 – производственные факторы

Таким образом, наиболее значимыми факторами, влияющими на срок эксплуатации автомобилей, являются:

- 1 – природно-климатические условия;
- 2 – дорожные условия.

Дорожные условия можно охарактеризовать различными показателями, которые очень сложно оценить при достаточной протяженности дорожной сети. Также данные показатели не сохраняются в отчетных данных и не фиксируются автотранспортными предприятиями. Соответственно при определении рационального срока службы автомобилей их использование практически невозможно. На исследуемом предприятии не ведется статистический учет данных по этому показателю.

Природно-климатические факторы коррелируют между собой, поэтому достаточно учитывать только один показатель – температуру воздуха [50].

В соответствии с приложением 11 «Положения о ТО и Р ...» [98] вся территория Западной Сибири относится к холодному климатическому региону (табл. 2.4).

Таблица 2.4 – Районирование территории по природно-климатическим условиям (фрагмент) [98]

Административно-территориальные единицы	Климатические районы
...	...
Бурятская, Карельская, Коми, Тувинская АССР; Алтайский, Красноярский, Приморский и Хабаровский кр.; Амурская, Архангельская, Иркутская, Камчатская, Кемеровская, Мурманская, Новосибирская, Омская, Сахалинская, Томская, Тюменская и Читинская обл.	Холодный
...	...

Соответственно, значения коэффициента корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий для автотранспортных

средств, используемых в Западной Сибири, имеют одинаковое значение, поэтому далее влияние этого фактора не рассматривается.

## **2.5. Закономерности взаимодействия элементов изучаемой системы**

Концептуальный подход к разработке методики определения рационального срока службы автомобилей включает следующие положения:

1 – срок службы автомобиля измеряется в годах  $T$  его работы или в километрах пробега  $L$  от начала эксплуатации до списания; эти показатели взаимосвязаны через интенсивность эксплуатации  $l$ ;

2 – эксплуатационные свойства автомобилей, в том числе техническое состояние, одновременно изменяются под воздействием процессов изнашивания и накопления усталостных повреждений с увеличением наработки, а также корродирования и старения материалов деталей с течением времени;

3 – метод определения оптимального срока службы по критерию минимума суммарных затрат на приобретение и эксплуатацию автомобилей  $C_{\Sigma}$  имеет ограниченную область применения: в большинстве случаев на кривой суммарных затрат не наблюдается ярко выраженного минимума, в некоторых случаях минимума нет вообще, то есть кривая имеет монотонный характер;

4 – в условиях передачи промышленными предприятиями транспортно-технологического обслуживания на аутсорсинг задачу формирования возрастной структуры парка необходимо решать не только АТП, выступающим в качестве подрядчиков, но и предприятиям-заказчикам для обеспечения надежности выполнения заданного объема работ.

Выявление закономерностей элементов изучаемой предлагается осуществить с помощью технологии имитационного моделирования. Модель

позволяет воспроизвести функционирование элементов сложной системы, взаимосвязанных между собой.

Условия применения технологии имитационного моделирования [49]:

- объект имитационного моделирования представляет собой сложную неоднородную систему;
- факторы случайного поведения не исключены в моделируемой системе;
- результатом создания модели является описание процесса, развивающегося во времени;
- результаты моделирования возможно получить только с использованием ЭВМ.

В процессе создания модели в соответствии с требованиями системного подхода была идентифицирована структура изучаемой системы (рис. 2.8).

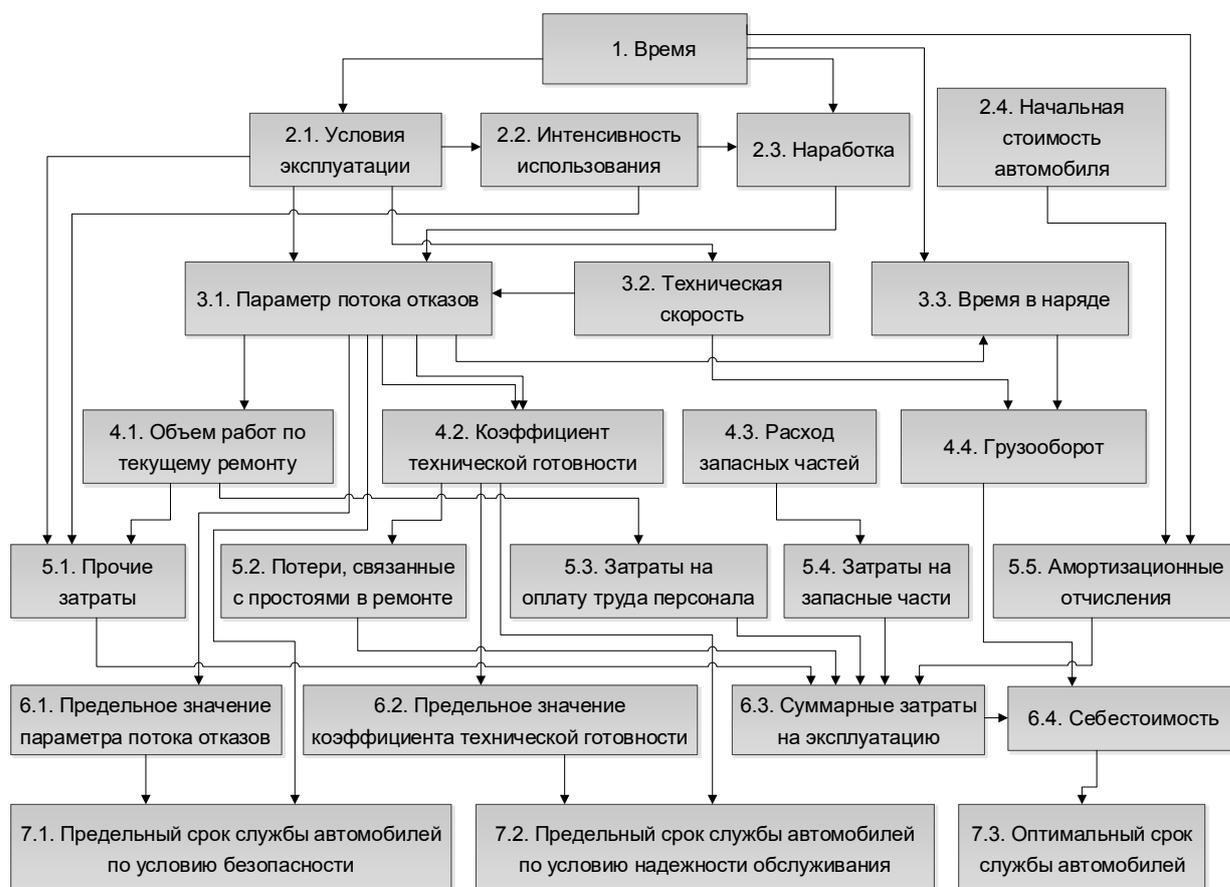


Рисунок 2.8 – Схема изучаемой системы

Данная система создана людьми, а не природой, следовательно, она является искусственной.

Система имеет связь с окружающей средой через условия эксплуатации, значит она является открытой.

Входом в систему является время, с изменением которого меняется ее состояние, поэтому она является динамической.

Состояние данной системы можно спрогнозировать с некоторой вероятностью, то есть характер функционирования системы – стохастический.

По типу элементов система является смешанной, она имеет абстрактные элементы – интенсивность эксплуатации – и конкретные элементы – количество перевозимых грузов.

По характеру связей систему можно назвать секвентивной, так как как затраты (выход) зависят от времени (входа), а также на них влияют внутренние факторы. Исследуемая система является сложной по своей структуре. Структура изучаемой системы позволяет разработать имитационную модель определения рационального срока службы автомобиля, благодаря которой в зависимости от факторов, меняющихся по времени, возможно спрогнозировать затраты на эксплуатацию автомобилей и определить рациональный срок службы автомобилей. Описание системы представлено в табл. 2.5, где приведен перечень элементов изучаемой системы, а также их описание.

Таблица 2.5 – Элементы изучаемой системы

Наименование	Описание	Обозначение	Единицы измерения
1	2	3	4
Время	Переменная, которая отражает календарное (в случае работы без выходных) или рабочее время предприятия	T	Годы, месяцы, дни

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4
Условия эксплуатации	Совокупность факторов (X), воздействующих на автомобиль при его эксплуатации.	X	
Интенсивность использования	Скорость приращения наработки автомобиля во времени.	I	км/мес.; км/год
Наработка	Интервал времени (пробега), в течение которого эксплуатировался автомобиль	L	км; моточас.
Параметр потока отказов	Отношение числа отказов автомобиля за определенную наработку к значению этой наработки.	$\omega$	ед. /1000 км.
Объем работ по текущему ремонту	Количество рабочего времени, затрачиваемого всеми исполнителями на ремонт.	T <sub>гр</sub>	чел.·ч
Коэффициент технической готовности	Отношение количества дней нахождения подвижного состава в технически исправном состоянии к общему количеству дней за рассматриваемый период времени.	$\alpha_T$	-
Техническая скорость	Средняя скорость движения по маршруту без учета простоев на промежуточных и конечных пунктах остановки.	V <sub>t</sub>	км/ч
Время в наряде	Количество часов с момента выезда автомобиля с АТП до момента его возвращения.	T <sub>н</sub>	ч
Грузооборот	Показатель выполненной работы при перевозке грузов, равный произведению массы перевозимого за определённое время груза на расстояние перевозки	W	т·км

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4
Расход запасных частей	Количество запасных частей, потраченных на ремонт	N	ед.
Потери, связанные с простоями в ремонте	Недополученная выгода предприятия из-за простоев ТС.	З пот	руб.
Затраты на запасные части	Количество денежных средств, потраченных на приобретение, транспортировку и хранение запасных частей	З зч	руб.
Затраты на оплату труда персонала	Выплата заработной платы за фактически выполненную работу.	З перс	руб.
Начальная стоимость автомобиля	Цена покупки автомобиля	Ц <sub>А</sub>	руб.
Амортизационные отчисления	Денежное выражение перенесенной стоимости автомобиля	А	руб.
Прочие затраты	Сумма иных затрат на эксплуатацию автомобиля	З проч	руб.
Суммарные затраты	Сумма затрат на эксплуатацию автомобиля	З сов	руб.
Себестоимость	Денежная оценка затрат на выполнение работ на перевозку грузов и пассажиров	С	руб.
Предельное значение параметра потока отказов	Значение параметра потока отказов, рассчитанное исходя из заданной вероятности безотказной работы	$\omega_{пр}$	ед. /1000 км.
Предельное значение КТГ	Значение КТГ, определенное исходя из заданной вероятности надежности транспортно-технологического обслуживания	$\alpha_T$ пр	%

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4
Предельный срок службы автомобилей по условию безопасности	Предельный срок службы автомобилей, рассчитанный исходя из $\omega_{пр}$	T пр. б	Месяцы, годы
Предельный срок службы автомобилей по условию надежности обслуживания	Предельный срок службы автомобилей, рассчитанный исходя из $\alpha_T$ пр	T пр. н	Месяцы, годы
Оптимальный срок службы автомобилей	Срок службы, соответствующий минимуму суммарных затрат на приобретение и эксплуатацию автомобиля	T опт.	Месяцы, годы

Описание элементов изучаемой системы позволит сформировать модели закономерностей взаимодействия данных элементов.

### 2.6. Модели закономерностей

Сформированная ранее структура системы была развита на шесть уровней. Для удобства идентификации всем элементам присвоен номер. Соответственно далее все закономерности взаимодействия между элементами анализируются по уровням [7, 12, 32, 48, 51, 58, 62, 63, 100, 106, 109, 141, 142, 144, 145 и др. ] (табл. 2.6).

Таблица 2.6 – Закономерности взаимосвязей элементов изучаемой системы

Номер зависимости	Зависимая переменная	Факторы	Модель
1	2	3	4
1-2.1	X – фактор условий эксплуатации в общем виде	T- время, мес.	$X_i = f(T)$

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4
2.1-2.2	L - интенсивность использования, км/год.	X – фактор условий эксплуатации в общем виде	$L_i = f(X)$
1, 2.2 – 2.3	L – наработка автомобиля, км	T- время, мес.; l – интенсивность эксплуатации, км/мес.	$L = \int_0^T l(T) dT$
2.1, 2.3, 3.2– 3.1	$\omega$ - параметр потока отказов, ед./1000 км.	X – фактор условий эксплуатации в общем виде; V <sub>T</sub> – техническая скорость, км/ч; L – наработка автомобиля, км.	$\omega = f(X, L, V_T)$
2.1. – 3.2	V <sub>T</sub> – техническая скорость, км/ч.	X – фактор условий эксплуатации в общем виде;	V <sub>T</sub> = f(X) – требуются исследования.
1, 3.1- 3.3	T <sub>н</sub> – время в наряде, мес.	T - годовой фонд рабочего времени, мес.	T <sub>н</sub> = T α <sub>в</sub> , α <sub>в</sub> = f(α <sub>т</sub> ) где T – годовой фонд рабочего времени; α <sub>в</sub> – коэффициент выпуска; α <sub>т</sub> – коэффициент технической готовности.
3.1 - 4.1	T <sub>тр</sub> – объем работ по текущему ремонту, час.	$\omega$ - параметр потока отказов, ед/1000 км.	$T_{тр} = \sum_{i=1}^m T_{тр_i} \omega_i L$ где m – количество видов отказов; i – номер отказа; Ω <sub>i</sub> – количество отказов данного вида; T <sub>тр_i</sub> – трудоемкость устранения отказов данного вида.
3.1 - 4.2	α <sub>т</sub> – коэффициент технической готовности	$\omega$ - параметр потока отказов, ед/1000 км.	$\alpha_t = \frac{D_э}{D_э(1 + D_{ТР}^{(n)} \omega/l) + D_{ТО}}$ где D <sub>э</sub> – время нахождения автомобилей в эксплуатации; D <sub>ТР</sub> <sup>(n)</sup> – потенциальное время простоя в ТР (в расчете на один отказ); D <sub>ТО</sub> – время простоя в ТО.

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4
3.1 – 4.3	N – расход запасных частей, ед.	$\omega$ – параметр потока отказов, ед/1000 км.	$n = \sum_{i=1}^m \omega_i L n_i$ <p>где  <math>m</math> – количество отказов;  <math>i</math> – номер отказа;  <math>\Omega_i</math> – количество отказов данного вида;  <math>n_i</math> – количество запасных частей, необходимое для устранения данного вида отказов.</p>
3.2, 3.3 – 4.4	W – грузооборот, т- км.	Vt – техническая скорость, км/ч. Tн – время в наряде, ч.	$W = T_n V_t q \gamma \beta$ <p>где  <math>q</math> – грузоподъемность;  <math>\gamma</math> – коэффициент использования грузоподъемности;  <math>\beta</math> – коэффициент использования пробега.</p>
2.1,2.2, 4.1 – 5.1	Z <sub>проч.</sub> – прочие затраты, руб.	X – условия эксплуатации; l – интенсивность эксплуатации, км/мес; T <sub>тр</sub> – объем работ по текущему ремонту, час.	$Z_{\text{проч.}} = f(X, l, T_{\text{тр}})$
4.2 -5.2	Z <sub>пот.</sub> –потери, связанные с простоями в ремонте, руб.	$\alpha_t$ –коэффициент технической готовности.	$Z_{\text{пот.}} = C_q(1 - \alpha_t)L$ <p>где <math>C_q</math> – часовая потеря прибыли от простоев.</p>
4.1 – 5.3	Zперс – затраты на оплату труда персонала, руб.	T <sub>тр</sub> – объем работ по текущему ремонту, час.	$Z_{\text{перс}} = \sum_{i=1}^m T_{\text{тр}i} p_{\text{сд}i}$ <p>где  <math>m</math> – количество выполняемых работ;  <math>i</math> – номер осуществляемой работы;  <math>T_{\text{тр}i}</math> – объем работ данного вида по текущему ремонту;  <math>p_{\text{сд}i}</math> – сдельная расценка на выполнение данного вида работ.</p>
4.3 – 5.4	Zзч – затраты на запасные части, руб.	N – расход запасных частей, ед.	$Z_{\text{зч}} = \sum_{i=1}^m n_i p$ <p>где  <math>m</math> – количество запасных частей;  <math>i</math> – номер запасной части;  <math>p</math> – цена на запасную часть данного вида.</p>

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4
1, 2.4 – 5.5	A – амортизационные отчисления, руб.	T- время, мес. Ц <sub>A</sub> – начальная стоимость автомобиля, руб.	$A = f(T, Ц_A)$
5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 – 6.3	З <sub>сум</sub> - суммарные затраты на эксплуатацию автомобиля, руб.	З <sub>перс</sub> – затраты на оплату труда персонала, руб. З <sub>проч</sub> – прочие затраты, руб. З <sub>зч</sub> – затраты на запасные части, руб. З <sub>пот</sub> –потери, связанные с простоями в ремонте, руб. A – амортизационные отчисления, руб.	$З_{сум} = З_{перс} + З_{зч} + З_{пот} + A + З_{про}$
4.4, 6.3 – 6.4	C – себестоимость, руб.	З <sub>сум</sub> - суммарные затраты на эксплуатацию автомобиля, руб. W – грузооборот, т-км.	$C = \frac{З_{сум.}}{W}$
3.1 – 6.1	$\omega_{пр}$ - предельное значение параметра потока отказов, ед. /1000 км.	$\omega$ - параметр потока отказов, ед. /1000 км.	Требуется дополнительных исследований.
4.2 -6.2	$\alpha_T$ пр - предельное значение КТГ	$\alpha_T$ – коэффициент технической готовности	Требуется дополнительных исследований.
6.4 - 7.3	Лопт. – срок службы автомобиля, мес.	C – себестоимость, руб.	Требуется дополнительных исследований.
6.1 - 7.1	Предельный срок службы автомобилей по условию безопасности, лет.	$\omega_{пр}$ - предельное значение параметра потока отказов, ед. /1000 км.	Требуется дополнительных исследований.
6.2 - 7.2	Предельный срок службы автомобилей по условию надежности обслуживания, лет.	$\alpha_T$ пр - предельное значение КТГ.	Требуется дополнительных исследований.

Таким образом, методологической основой работы был выбран системный подход. В процессе работы была сформирована целевая функция объекта исследования, представленного в виде системы. Минимум затрат от функционирования системы был выбран в качестве критерия эффективности.

### ***2.7. Модель влияния наработки автомобиля на коэффициент технической готовности***

При постоянной технологии перевозок и организации технического обслуживания и ремонта в процессе эксплуатации производительность автомобилей НГДП непосредственно зависит от КТГ.

Выполненные ранее исследования [16, 23, 29, 35, 60, 87, 111] показали, что КТГ зависит от наработки автомобиля. При этом данная зависимость обратная.

КТГ связан с наработкой обратной зависимостью, поскольку дни простоя в ТР зависят от наработки автомобилей – чем больше наработка, тем больше вероятность отказа (2.12).

$$\alpha_T = \frac{D_T}{D_T + D_{TO} + D_{TR}}, \quad (2.12)$$

где  $D_T$  - дни автомобиля в работе;

$D_{TO}$  – дни в техническом обслуживании;

$D_{TR}$  – дни в текущем ремонте.

При этом дни в текущем ремонте с увеличением наработки значительно увеличиваются. С одной стороны, данное увеличение связано с изменением параметра потока отказов. С другой стороны. Каждый отказ с увеличением возраста автомобиля имеет большую трудоемкость устранения. Соответственно дни в ремонте можно представить в виде следующей формулы (2.13):

$$D_{\text{тр}} = \omega \cdot L_i \cdot t_{\text{устр.отк.}} \quad (2.13)$$

где  $\omega$  – параметр потока отказов, зависящий от наработки с начала эксплуатации;

$L_i$  – пробег автомобилей за рассматриваемый период;

$t_{\text{устр.отк.}}$  – время устранения отказов.

Таким образом, формулу определения КТГ можно представить следующим образом (2.14):

$$\alpha_{\text{т}} = \frac{D_{\text{т}}}{D_{\text{т}} + D_{\text{то}} + \omega \cdot L \cdot t_{\text{устр.отк.}}} \quad (2.14)$$

При разработке модели влияния наработки автомобиля на КТГ необходимо учитывать следующие факты:

1 – форма зависимости КТГ от наработки автомобилей с начала эксплуатации справедлива лишь в период до первого капитального ремонта;

2 – для определения тенденции показателей эффективности использования автомобиля от наработки за весь срок службы необходимо учитывать вид капитального ремонта (агрегатный или индивидуальный).

3 – изменение КТГ зависит от порядкового номера КР.

Исследования, проведенные ранее позволили выдвинуть гипотезы о виде влияния наработки автомобиля на КТГ.

Гипотеза 1. При средней наработке КТГ связан с наработкой обратной линейной зависимостью (рис. 2.9) и описывается моделью 2.15:

$$\alpha_{\text{т}} = a_0 + a_1 \cdot L \quad (2.15)$$

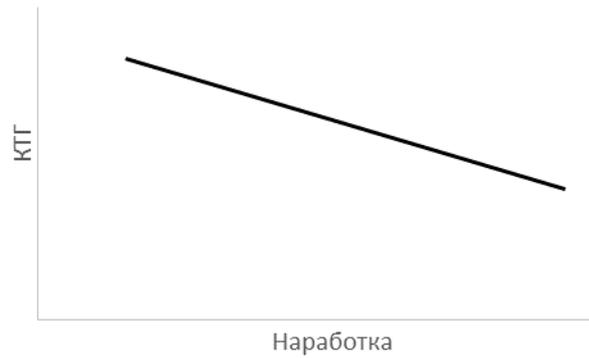


Рисунок 2.9 – Гипотеза о виде математической модели влияния наработки автомобиля на КТГ при малой наработке

Гипотеза 2. При малой наработке КТГ связан с наработкой обратной логарифмической зависимостью (рис. 2.10) и описывается моделью (2.16):

$$\alpha_T = a_0 + a_1 \ln L \quad (2.16)$$



Рисунок 2.10 - Гипотеза о виде математической модели влияния наработки автомобиля на КТГ при средней наработке

Гипотеза 3. При значительной наработке КТГ связан с наработкой обратной экспоненциальной зависимостью (рис. 2.11) и описывается моделью 2.17:

$$\alpha_T = a_0 e^{a_1 L} \dots \quad (2.17)$$

Тенденцию возрастания КТГ в зависимости от наработки в процессе эксплуатации за весь срок службы автомобиля целесообразно описать логистической кривой, которая характеризуется сначала возрастающей скоростью повышения показателей, а потом снижающейся и стабилизирующейся.

Таким образом, при увеличении наработки вследствие закономерного изменения технического состояния элементов автомобиля в процессе эксплуатации и взаимного влияния их технического состояния происходит закономерное снижение КТГ, что сокращает производительность автомобилей и повышает себестоимость перевозок.

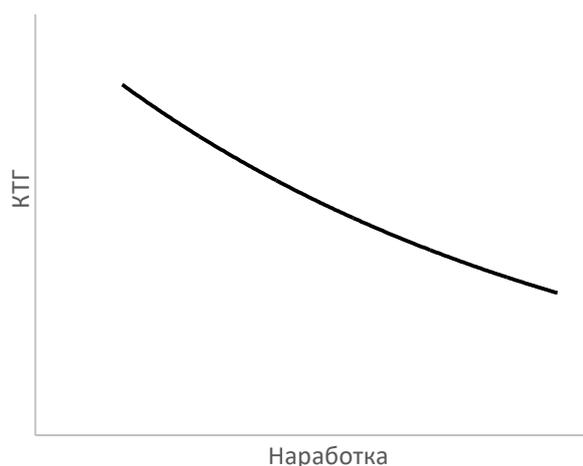


Рисунок 2.11 - Гипотеза о виде математической модели влияния наработки автомобиля на КТГ при значительной наработке

В период до первого капитального ремонта зависимость КТГ от наработки экспоненциальная, за весь амортизационный срок эти зависимости логистические.

## **2.8. Модель влияния наработки автомобиля на параметр потока отказов**

Выполненные ранее исследования [2, 13, 23, 33, 40, 43, 76, 103, 112, 115, 117, 127 и др.] показали, что наработка автомобиля оказывает непосредственное влияние на параметр потока отказов.

Внезапные отказы возникают в результате сочетания случайных внешних воздействий и неблагоприятных факторов, превышающих возможности элемента автомобиля к их восприятию.

Постепенные отказы возникают в результате протекания процессов изнашивания и старения, ухудшающих начальные параметры элементов автомобиля. Главным признаком постепенного отказа является то, что вероятность его возникновения  $P(t)$  в течение заданного пробега от  $t_1$  до  $t_2$  зависит от длительности предыдущей работы.

Чем больше наработка автомобиля, тем выше вероятность возникновения отказа (2.18):

$$P(t_2 + \Delta t) > P(t_1 + \Delta t) \text{ при } t_2 > t_1. \quad (2.18)$$

Это связано с тем, что в процессе эксплуатации автомобиля происходит накопление в нем необратимых процессов, обусловленных старением и износом материалов, накоплением усталостных повреждений, а также коррозионными и другими воздействиями.

Параметр потока отказов - это отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за достаточно малую его наработку к значению этой наработки (2.19):

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M[m(t+\Delta t) - m(t)]}{\Delta t}, \quad (2.19)$$

где  $\Delta t$  – малый отрезок наработки;

$m(t)$  – число отказов, наступивших от начального момента времени до достижения наработки  $t$ ;

разность  $m(t + \Delta t) - m(t)$  представляет собой число отказов на отрезке  $\Delta t$ .

При разработке модели влияния наработки автомобиля на параметр потока отказов целесообразно учитывать следующие факты:

- в основе получения зависимости показателей надежности и от наработки лежат закономерности изнашивания и усталостного разрушения, однако следует учитывать, что отказы элементов обусловлены также случайными (внезапными) факторами;

- зависимости показателей надежности от наработки автомобиля имеют постоянные параметры лишь в пределах до капитального ремонта, и за весь срок службы автомобиля зависимости показателей надежности от наработки устанавливаются как аппроксимирующие тенденции.

Модель данной зависимости должна удовлетворять ряду требований:

- адекватность модели экспериментальным данным;
- возможность практического применения модели;
- модель соответствует физическому смыслу;
- системность модели.

Исследования, проведенные ранее позволили выдвинуть гипотезы о виде влияния наработки автомобиля на параметр потока отказов.

Гипотеза 1. Параметр потока отказов связан с наработкой прямой линейной зависимостью (рис. 2.12) и описывается моделью (2.20):

$$\omega = a_0 + a_1 L \quad (2.20)$$

где  $a_0, a_1$  - эмпирические коэффициенты.

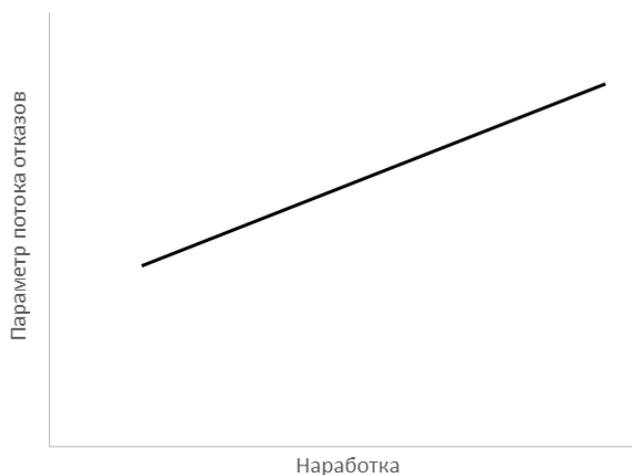


Рисунок 2.12 - Гипотеза о виде математической модели влияния наработки автомобиля на параметр потока отказов

Такое предположение связано с тем, что с увеличением наработки количество отказов автомобиля увеличивается.

Гипотеза 2. При значительной наработке автомобиля влияние наработки на параметр потока отказов зависит от метода ремонта. При агрегатном методе ремонта зависимость будет носить логарифмический характер (рис. 2.13). Данная зависимость будет описываться моделью (2.21):

$$\omega = a_0 + a_1 \ln L. \quad (2.21)$$

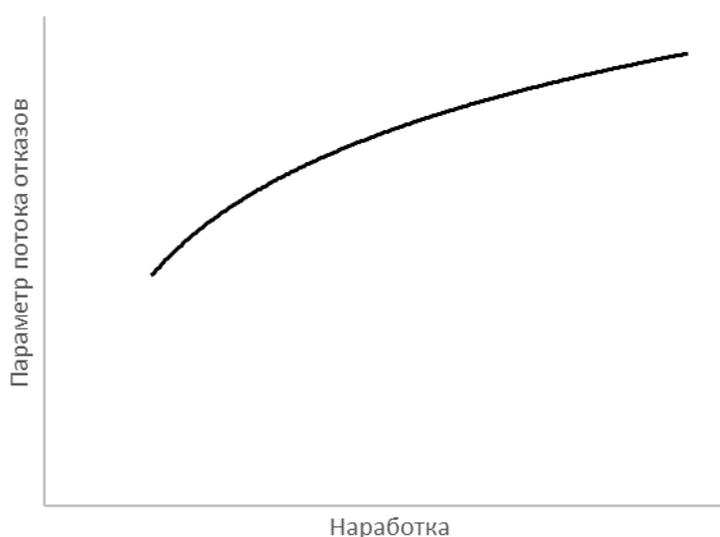


Рисунок 2.13 - Гипотеза о виде математической модели влияния наработки автомобиля на параметр потока отказов при агрегатном методы ремонта

Гипотеза 3. При индивидуальном методе ремонта зависимость будет носить экспоненциальный характер (рис. 2.14). Зависимость параметра потока отказов от наработки будет иметь следующий вид (2.22):

$$\omega = a e^{a_1 L}; \quad (2.22)$$

Выдвинутые гипотезы о влиянии наработки автомобиля на параметр потока отказов необходимо проверить экспериментально и выбрать из предложенных моделей ту, которая соответствует требованиям.

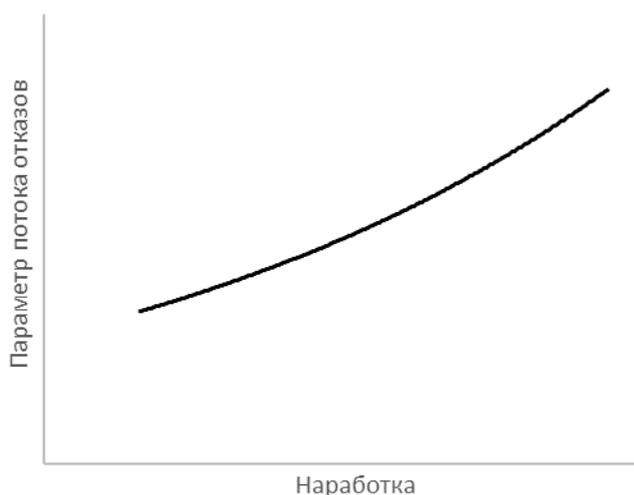


Рисунок 2.14- Гипотеза о виде математической модели влияния наработки автомобиля на параметр потока отказов при индивидуальном методе ремонта

### ***2.9. Модель влияния возраста автомобиля на коэффициент технической готовности***

Выполненные ранее исследования [17, 28, 52, 107 и др.] показали, что возраст автомобиля оказывает непосредственное влияние на КТГ. При этом данная зависимость обратно пропорциональная.

При разработке модели влияния возраста автомобиля на КТГ необходимо учитывать следующие факты:

- при интенсивной эксплуатации превалировать будет изнашивание;
- при менее интенсивной эксплуатации превалировать будет физическое старение материалов, накопление усталостных трещин.

При этом следует отметить, что чем меньше интенсивность эксплуатации, тем график зависимости КТГ от возраста автомобиля будет более пологим.

Гипотеза 1. При низкой интенсивности эксплуатации КТГ связан с возрастом обратной логарифмической зависимостью (рис. 2.15) и описывается моделью (2.23):

$$\alpha_T = a_0 + a_1 \ln L. \quad (2.23)$$

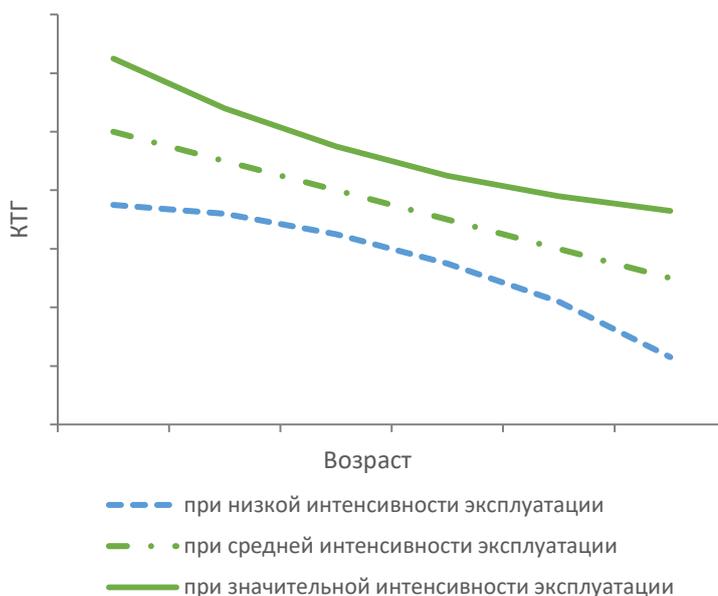


Рисунок 2.15 – Гипотезы о закономерности влияния возраста автомобиля на коэффициент технической готовности

Гипотеза 2. При средней интенсивности эксплуатации КТГ связан с возрастом обратной линейной зависимостью (рис. 2.14) и описывается моделью (2.24):

$$\alpha_T = a_0 + a_1 \cdot T. \quad (2.24)$$

Гипотеза 3. При высокой интенсивности эксплуатации КТГ связан с возрастом гиперболической зависимостью (рис. 2.14) и описывается моделью (2.25):

$$\alpha_T = a_0 + \frac{a_1}{T}. \quad (2.25)$$

Таким образом, при увеличении возраста автомобиля вследствие закономерных процессов изнашивания и морального устаревания и взаимного влияния их на техническое состояние автомобиля происходит закономерное снижение КТГ, что приводит к повышению себестоимости перевозок.

### ***2.10. Модель влияния возраста автомобиля на параметр потока отказов***

Выполненные ранее исследования [1, 3, 4, 5, 113, 125, 133, 146 и др.] показали, что возраст автомобиля оказывает непосредственное влияние на параметр потока отказов. При этом данная зависимость прямая, то есть с увеличением возраста параметр потока отказов увеличивается.

Как известно, в процессе эксплуатации автомобиля могут возникать различные отказы основных узлов и агрегатов. По результатам исследований условий эксплуатации автомобилей при анализе причин отказов деталей и узлов выявлено, что на их долговечность существенное влияние оказывают условия эксплуатации и режимы работы. Водитель также не является пассивным звеном в процессе достижения высоких показателей эксплуатационной надежности своего автомобиля и может в решающей степени повышать ее за счет правильной эксплуатации, тем самым снижая расходы на поддержание автомобиля в исправном состоянии.

На возрастание параметра потока отказов с увеличением возраста автомобилей также оказывают влияние следующие факторы:

- интенсивность эксплуатации;
- скорость движения и нагрузки;
- простои в условиях безгаражного хранения;
- пробеги на большие расстояния, особенно в холодный период времени;
- квалификация водителей;
- внешний уход за автомобилями и др.

Исследования, проведенные ранее, позволили выдвинуть гипотезы о виде влияния возраста автомобиля на параметр потока отказов.

Гипотеза 1. Параметр потока отказов связан с возрастом прямой линейной зависимостью (рис. 2.16) и описывается моделью (2.26):

$$\omega = a_0 + a_1 T \quad (2.26)$$

где  $a_0, a_1$  - эмпирические коэффициенты.

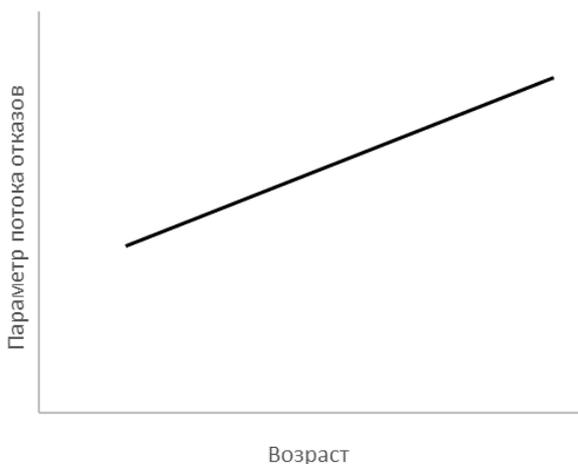


Рисунок 2.16 - Гипотеза о виде математической модели влияния возраста автомобиля на параметр потока отказов

Такое предположение связано с тем, что с увеличением возраста количество отказов автомобиля увеличивается.

Гипотеза 2. При длительной эксплуатации значение параметра потока отказов зависит от метода ремонта. При агрегатном методе ремонта

зависимость будет носить логарифмический характер (рис. 2.17). Данная зависимость будет описываться моделью (2.27):

$$\omega = a_0 + a_1 \ln T. \quad (2.27)$$

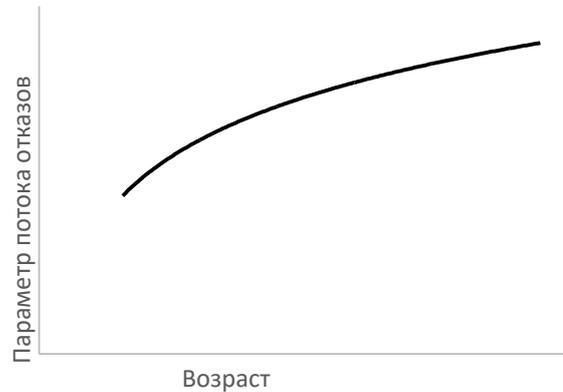


Рисунок 2.17– Гипотеза о виде математической модели влияния возраста автомобиля на параметр потока отказов при агрегатном методе ремонта

Гипотеза 3. При индивидуальном методе ремонта зависимость будет носить экспоненциальный характер (рис. 2.18). Зависимость параметра потока отказов от возраста будет иметь следующий вид (2.28):

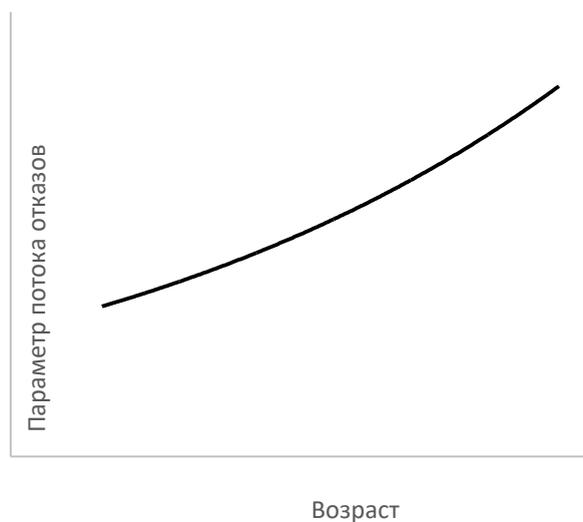


Рисунок 2.18 – Гипотеза о виде математической модели влияния возраста автомобиля на параметр потока отказов при индивидуальном методе ремонта

$$\omega = a e^{a_1 L}. \quad (2.28)$$

Выдвинутые гипотезы о влиянии возраста автомобиля на параметр потока отказов необходимо проверить экспериментально и выбрать из предложенных моделей ту, которая соответствует требованиям.

### **2.11. Модель влияния возраста и наработки автомобиля на коэффициент технической готовности**

Для использования целевой функции (2) необходимо установить зависимость удельных простоев автомобилей в ТР от наработки и возраста. Предполагается, что её можно описать моделью вида (2.29):

$$D_{\text{ТР}} = A_0 + A_1 L^{A_2} + A_3 T^{A_4}, \quad (2.29)$$

где  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4$  – константы модели.

С использованием этой модели возможен расчет потенциального коэффициента технической готовности  $\alpha_T$  для разных возрастов и наработок с начала эксплуатации автомобилей (2.30):

$$\alpha_T = 1 - \frac{D_{\text{ТР}} L_{\text{Г}} + D_{\text{ТО}} L_{\text{Г}} / L_{\text{ТО}}}{D_{\text{РГ}}}, \quad (2.30)$$

где  $L_{\text{Г}}$  – годовой пробег автомобилей, тыс. км;

$D_{\text{ТО}}$  – время простоя в ТО, дни на одно обслуживание;

$L_{\text{ТО}}$  – периодичность ТО, тыс. км;

$D_{\text{РГ}}$  – количество рабочих дней в году.

Расчёт предельного возраста автомобилей при разных наработках с начала эксплуатации по критерию надежности обслуживания выполняется с использованием формулы (2.31):

$$T = \sqrt{\frac{A_4 \sqrt{\frac{D_{\text{пр}}(1 - \alpha_T^{(\text{пр.})})}{L_{\Gamma}} - \frac{1}{L_{\text{ТО}}} - A_0 - A_1 L^{A_2}}}{A_3}}. \quad (2.31)$$

### 2.12. Модель влияния возраста и наработки автомобиля на параметр потока отказов

В соответствии с целевой функцией (3) может быть определен предельный срок службы по условию безопасности (рис. 2.18). Для этого необходимо установить закономерность влияния наработки и возраста на параметр потока отказов  $\omega = f(L, T)$  систем автомобиля, влияющих на безопасность движения, установить предельное значение параметра потока отказов  $\omega_{\text{пр.}}$ , построить проекцию (4) на плоскость  $LOT$  (рис. 2.19) линии пересечения (3) поверхности (1) и плоскости (2).

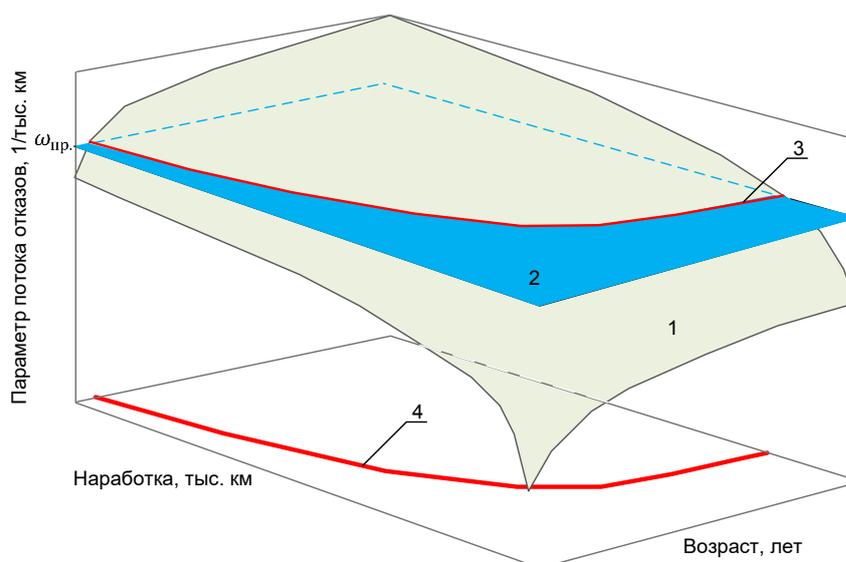


Рисунок 2.19 – Предельный срок службы по условию безопасности:  
 1 – поверхность  $\omega = f(L, T)$ ; 2 – плоскость  $\omega_{(\text{пр.})}$ ; 3 – линия пресечения поверхности и плоскости; 4 – проекция линии пресечения на плоскость  $LOT$

Выдвинута гипотеза о возможности описания рассматриваемой зависимости моделью вида (2.32):

$$\omega = A_0 + A_1 \ln(L) + A_2 \ln(T), \quad (2.32)$$

где  $A_0, A_1, A_2$  – константы модели.

Тогда предельный возраст автомобилей по условиям безопасности при разных наработках с начала эксплуатации можно рассчитать по формуле (2.33):

$$T = e^{\frac{\omega_{\text{пр.}} - A_0 - A_1 \ln(L)}{A_2}}. \quad (2.33)$$

### **2.13. Выводы по разделу 2**

1. Сформулирована концепция определения рационального срока службы автомобилей.

2. На основе анализа ранее выполненных исследований и априорного ранжирования установлено, что на срок службы автомобилей в наибольшей степени влияют дорожные и климатические условия.

3. Выдвинуто предположение, что при определении рациональных сроков службы автомобилей использование технико-экономического метода не всегда возможно, так как на графике затрат минимум не всегда хорошо локализуется.

4. Идентифицирована структура изучаемой системы, которая может быть основой для создания имитационной модели, позволяющей определить рациональный срок службы эксплуатации с учетом фактических условий и интенсивности эксплуатации.

5. Выдвинуты гипотезы о виде моделей влияния наработки и времени на коэффициент технической готовности и параметр потока отказов. Предварительный анализ графического вида рассматриваемой зависимости, ее асимптотики, а также вероятностной структуры модели позволили

предположить, что для этой цели можно использовать линейную, логарифмическую или степенную модель. Для проверки данной гипотезы и выбора одной из перечисленных моделей проведены экспериментальные исследования.

### **3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

#### ***3.1. Общая методика экспериментальных исследований***

Проверка гипотез, выдвинутых в теоретических исследованиях, и определение численных значений параметров математических моделей является целью экспериментальных исследований. Гипотезы об асимптотике отношения суммарных затрат на эксплуатацию автомобиля к его наработке относятся к первой группе задач исследования. Они направлены на проверку гипотез по исследованию целевой функции.

Вторая группа задач направлена на оценку фактического возраста и сроков эксплуатации автомобилей.

Третья группа задач направлена на изучение закономерности влияния наработки и срока службы автомобилей на параметр потока отказов и коэффициент технической готовности. Она сводится к проверке гипотез о виде следующих математических моделей:

- модель влияния наработки автомобиля на параметр потока отказов;
- модель влияния наработки автомобиля на коэффициент технической готовности;
- модель влияния возраста автомобиля на параметр потока отказов;
- модель влияния возраста автомобиля на коэффициент технической готовности;
- модель влияния возраста и наработки автомобиля на параметр потока отказов;
- модель влияния возраста и наработки автомобиля на коэффициент технической готовности.

#### ***3.2. Результаты исследования целевой функции***

Во втором разделе работы рассмотрена асимптотика функции и выдвинуты гипотезы о видах этой зависимости в трех разных вариантах

интенсивности эксплуатации. В основе проверки данных гипотез лежит имитационный эксперимент.

В процессе эксперимента была подтверждена гипотеза, что функция  $Z_{\text{сум}}$  имеет четко выраженный минимум при интенсивности эксплуатации более 80 тыс. км. год, в остальных случаях минимум является не явным или вообще отсутствует.

Проверка этой гипотезы состояла в исследовании зависимости суммарных затрат на использование автомобиля от срока его эксплуатации при разных значениях интенсивности эксплуатации.

В первом случае было исследовано, как суммарные затраты на эксплуатацию автомобиля зависят от срока его службы при значениях интенсивности эксплуатации более 80 тыс. км/год. На рисунке 3.1. представлены результаты моделирования. Из графика видно, что функция  $Z_{\text{сум}}$  имеет четко выраженный минимум.

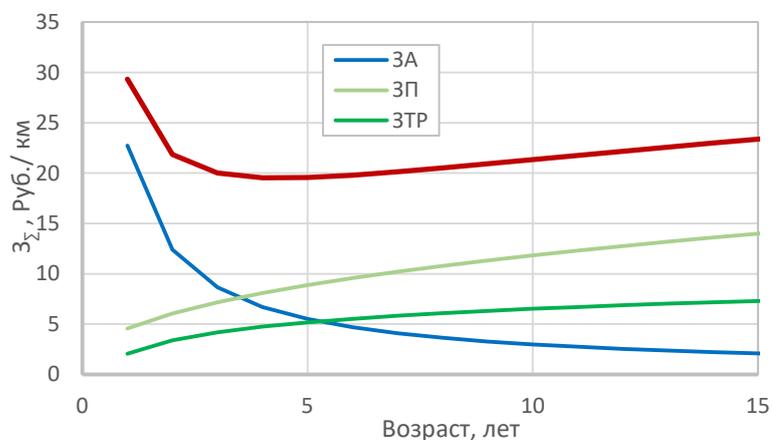


Рисунок 3.1 - Суммарные эксплуатационные затраты автомобиля в зависимости от срока его службы при интенсивности эксплуатации более 80 тыс. км/год

В результате анализа полученных данных было выявлено, что зависимость суммарных затрат на эксплуатацию автомобиля от срока его службы имеет четко выраженный минимум при интенсивности эксплуатации

более 80 тыс. км/год, что делает задачу определения оптимального срока службы автомобиля легко решаемой.

Во втором случае было исследовано, как суммарные затраты на эксплуатацию автомобиля зависят от срока его службы при значениях интенсивности эксплуатации от 40 до 80 тыс. км/год. Результаты моделирования можно увидеть на рисунке 3.2. Как видно из графика, функция  $Z_{\text{сум}}$  является немонотонной, но не имеет ярко выраженного минимума.

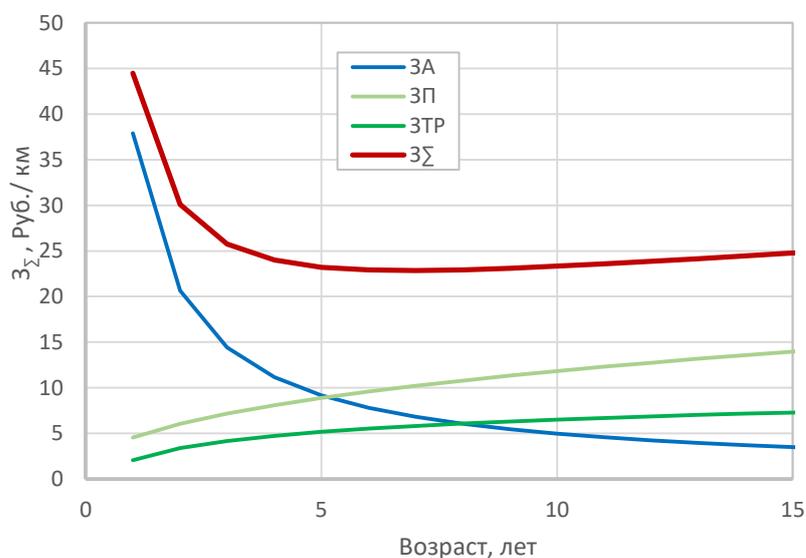


Рисунок 3.2 - Суммарные эксплуатационные затраты автомобиля в зависимости от срока его службы при интенсивности эксплуатации от 40 до 80 тыс. км/год

Анализ полученных результатов показал, что при интенсивности эксплуатации от 40 до 80 тыс. км/год зависимость суммарных затрат на эксплуатацию автомобиля от срока его использования не имеет четко выраженный минимум. В этом случае задача определения рационального срока службы автомобиля может быть затруднена.

В третьем случае было исследовано, как суммарные затраты на эксплуатацию автомобиля зависят от срока его службы при интенсивности эксплуатации менее 40 тыс. км. год. Результаты моделирования можно

увидеть на рисунке 3.3. Из графика видно, что функция  $Z_{\text{сум}}$  не имеет минимума и является монотонной.

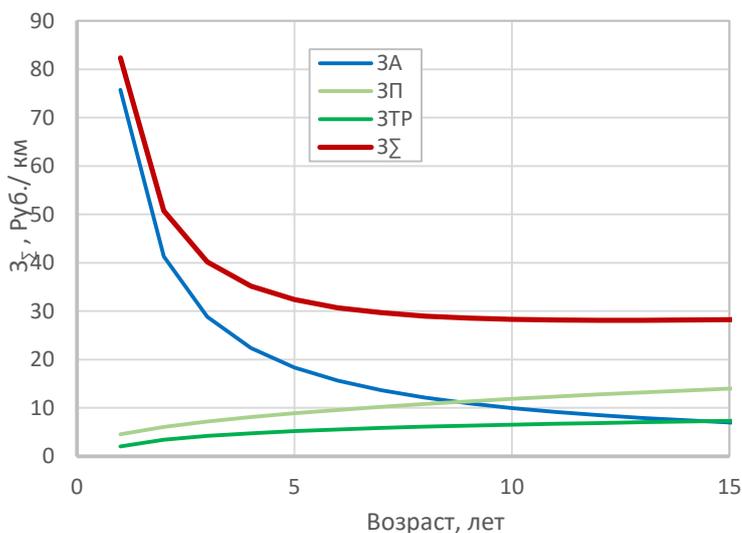


Рисунок 3.3 - Суммарные эксплуатационные затраты автомобиля в зависимости от срока его службы при интенсивности эксплуатации менее 40 тыс. км/год

В результате анализа полученных данных было выявлено, что при интенсивности эксплуатации менее 40 тыс. км/год. зависимость суммарных затрат на использование автомобиля от срока его эксплуатации не имеет минимума. В данном случае задача определения рационального срока службы автомобиля не имеет решения.

Таким образом, в двух из трех представленных случаев задача определения оптимального срока службы эксплуатации не имеет решения или затруднена. Таким образом, применения метода технико-экономического анализа в данном случае будет невозможным.

### ***3.3. Оценка фактического возраста и срока службы автомобилей***

Существует два измерителя срока эксплуатации автомобиля, взаимосвязанных через его годовой пробег. Это время работы автомобиля и километры его пробега с начала эксплуатации до списания.

Техническое состояние автомобилей изменяется с возрастом и в процессе его эксплуатации, при этом возрастает вероятность отказов и снижается вероятность безотказной работы.

Статистическая информация, необходимая для решения данной задачи включает в себя: данные о затратах на эксплуатацию автомобилей, об интенсивности их эксплуатации, расстояниях, времени перевозки и т. д.

Данная статистическая информация была собрана на предприятиях технологического транспорта, которые обслуживают предприятия нефтегазового комплекса. Всего было проанализирована база с более чем 15 млн. записей.

Для анализа и обработки информации была применена программа Microsoft Excel, а также другие прикладные программы, которые были разработаны на кафедре «Сервис автомобилей и технологических машин» в Тюменском индустриальном университете.

База данных представлена в система SAP R3, но для удобства обработки данные были преобразованы в формат Excel (рис. 3.4).

 2005_2006_3600 (СУТТ №6)	09.01.2016 10:01	Лист Microsoft Excel
 2007_3600 (СУТТ №6)	09.01.2016 10:17	Лист Microsoft Excel
 2008_3600 (СУТТ №6)	09.01.2016 9:57	Лист Microsoft Excel
 2009_3600 (СУТТ №6)	09.01.2016 9:54	Лист Microsoft Excel
 2010_3600 (СУТТ №6)	27.05.2016 19:18	Лист Microsoft Excel
 2011_3600 (СУТТ №6)	27.05.2016 19:17	Лист Microsoft Excel
 2012_3600 (СУТТ №6)	27.05.2016 19:16	Лист Microsoft Excel
 2013_3600 (СУТТ №6)	27.05.2016 19:15	Лист Microsoft Excel
 2014_3600 (СУТТ №6)	27.05.2016 19:14	Лист Microsoft Excel
 2015_3600 (СУТТ №6)	26.02.2016 8:48	Лист Microsoft Excel

Рисунок 3.4 – Данные в формате Microsoft Excel

Полученные за несколько лет данные были объединены в общий файл по каждому транспортному предприятию (рис. 3.5.).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зав.	Мст расп.	ЕдОбор.	КлючСлово	Технический ИдентНо.	Дата закр.	Заказ	РабМес	ВР	Наименование Вид
416	3600	10306457	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	B385KK86	11.04.2006	3010501644	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
418	3600	10306457	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	B385KK86	11.04.2006	3010501644	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
419	3600	10306531	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-53213 МКА-25	C766EK86	11.04.2006	3010502093	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
537	3600	10306461	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	M283CE86	21.04.2006	3010511239	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
538	3600	10306461	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	M283CE86	21.04.2006	3010511239	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
539	3600	10306461	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	M283CE86	21.04.2006	3010511239	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
823	3600	10306463	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	У314КЕ86	03.05.2006	3010528495	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
842	3600	10306443	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43114 М.44420000010	B218ME86	04.05.2006	3010530108	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
864	3600	10306234	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-541150 С/Т	T980PE86	05.05.2006	3010532368	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
874	3600	10306452	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	У551КЕ86	06.05.2006	3010533320	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
875	3600	10306452	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	У551КЕ86	06.05.2006	3010533320	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
876	3600	10306443	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43114 М.44420000010	B218ME86	06.05.2006	3010533736	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
877	3600	10306443	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43114 М.44420000010	B218ME86	06.05.2006	3010533736	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
912	3600	10306458	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	У709КЕ86	10.05.2006	3010535903	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
929	3600	10306470	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	У733КЕ86	11.05.2006	3010536624	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
965	3600	10306214	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108 С/Т	K761MX86	15.05.2006	3010539304	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
967	3600	10306223	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43118 С/Т	C623KX86	15.05.2006	3010539695	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
1026	3600	10306462	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	У759КЕ86	18.05.2006	3010542956	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
1027	3600	10306462	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	У759КЕ86	18.05.2006	3010542956	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
1042	3600	10306191	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108 С/Т	T754KH86	19.05.2006	3010544554	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
1057	3600	10306205	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108 С/Т	X917KH86	22.05.2006	3010545820	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
1090	3600	10306470	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	У733КЕ86	22.05.2006	3010546068	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
1091	3600	10306460	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	T217PH86	22.05.2006	3010546920	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
1092	3600	10306460	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43101 М.5960-05	T217PH86	22.05.2006	3010546920	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт
1098	3600	10306207	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108 С/Т	T035KB86	23.05.2006	3010547636	TZ_0014	TKP	Текущий ремонт

Рисунок 3.5 – База данных

Нужную информацию по конкретному автомобилю и его модификации можно найти, осуществив отбор в колонке, отражающей марки и модели автомобилей (рис. 3.6).

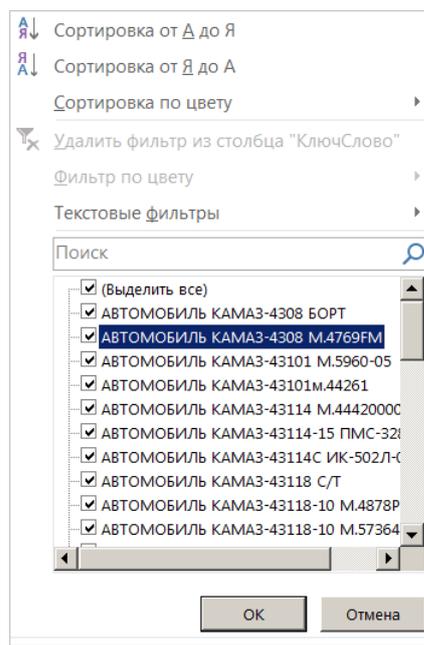


Рисунок 3.6 – Отбор данных по автомобилям КАМАЗ

Далее в колонке вида технических воздействий выполняется отбор текущих ремонтов (рис. 3.7).

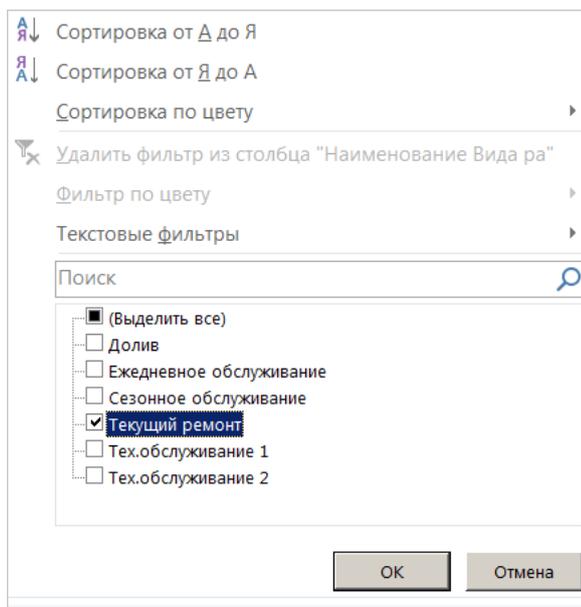


Рисунок 3.7 – Отбор вида технических воздействий

Из текущих ремонтов отобраны текущие ремонты рассматриваемых агрегатов и систем (рис. 3.8).

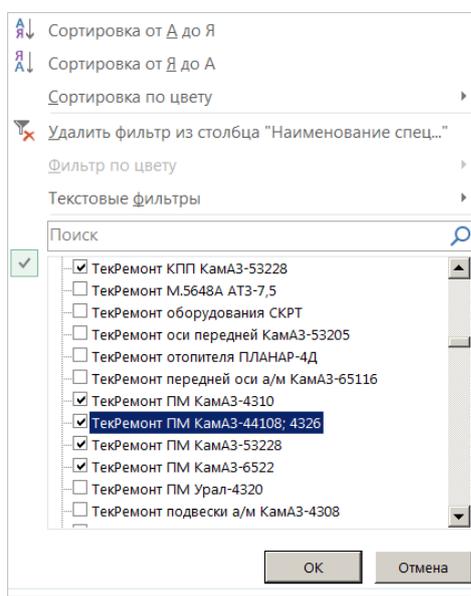


Рисунок 3.8 – Отбор текущих ремонтов по агрегатам

Далее рассчитывается наработка в момент отказа, то есть разница в пробегах автомобиля между двумя последовательными однородными ремонтами (рис. 3.9).

25	26	27	28	29	30	
ГП	Наим. Цеха, участка	Семейство по шасси	Базовая марка	Моточас	Пробег ТС	Время
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	342.948,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	342.948,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	342.948,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	309.332,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	309.332,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	309.332,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	309.332,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	383.319,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	383.319,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	383.319,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	324.663,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	324.663,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	324.663,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	325.663,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	325.663,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	325.663,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	325.663,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-4308	0	55.025,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-54112	0	373.391,000	
БЦ	Б.основная Сургут			0	355.591,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	339.741,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	339.741,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	343.592,000	
БЦ	Б.основная Сургут	АВТОМОБИЛИ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-44108	0	343.592,000	

Рисунок 3.9 – Вычисление наработки автомобиля в момент отказа

Выборки наработок на ремонт, полученные в процессе работы, далее анализируются и обрабатываются по стандартным методикам.

На рис. 3.10. и 3.11. результаты обработки данных о возрасте автомобилей представлены графиками двух типов: 1 – дифференциальное эмпирическое распределение возраста автомобилей; 2 – интегральное эмпирическое распределение возраста автомобилей.

График первого типа демонстрирует доли парка автомобилей разного возраста в годах. График второго типа показывает, какова доля автомобилей не старше определенного возраста. Результаты обработки данных представлены в приложении 1. Ниже приведены фрагменты результатов.

Таким образом, на основе обработки данных были получены распределения подвижного состава по возрасту. Установлено, что около 77 % автомобилей имеют возраст менее 10 лет. При этом на предприятиях также есть автомобили от 20 до 36 лет.

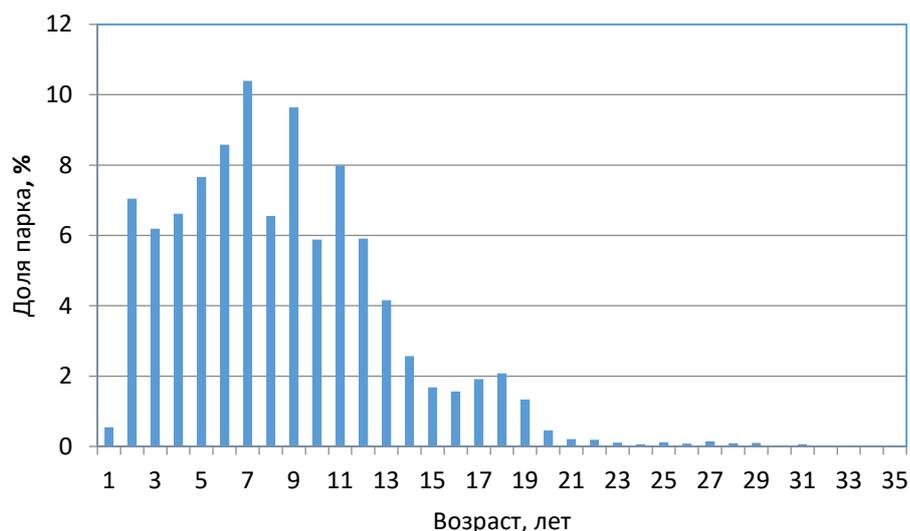


Рисунок 3.10 – Эмпирическое распределение возраста грузовых автомобилей (выборка по автомобилям всех типов)

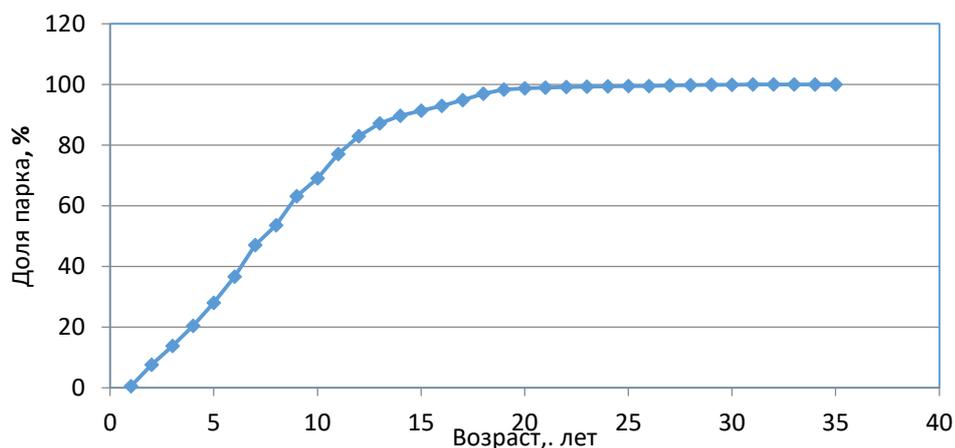


Рисунок 3.11 – Интегральное распределение возраста грузовых автомобилей (выборка по автомобилям всех типов)

При оценке рациональных сроков службы автомобилей необходимо учитывать помимо возраста автомобилей их наработку. При интенсивной эксплуатации автомобиль достигает предельного состояния быстрее, чем автомобиль с низкой интенсивностью эксплуатации.

Для решения задач в рамках данной работы собраны данные о фактических наработках с начала эксплуатации автомобилей транспортных

подразделений нефтедобывающих компаний, данные систематизированы и обработаны.

На рис. 3.12. и 3.13. приведены результаты обработки данных о наработках автомобилей, которые представлены графиками двух типов: 1 – эмпирическое распределение наработок автомобилей; 2 – интегральное эмпирическое распределение наработок автомобилей.

График первого типа демонстрирует доли парка автомобилей с разными наработками с начала эксплуатации по интервалам с шагом 50 тыс. км. График второго типа показывает, какова доля автомобилей, у которых наработка не больше определённой.

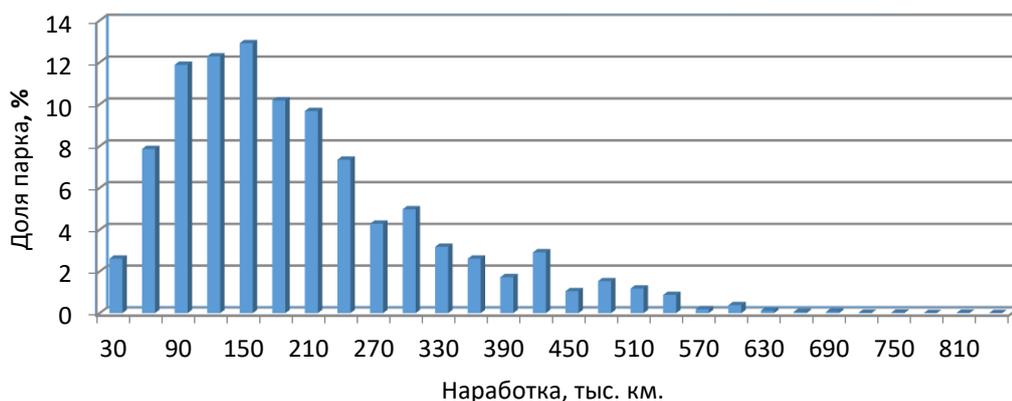


Рисунок 3.12 – Эмпирическое распределение наработок грузовых автомобилей с начала эксплуатации

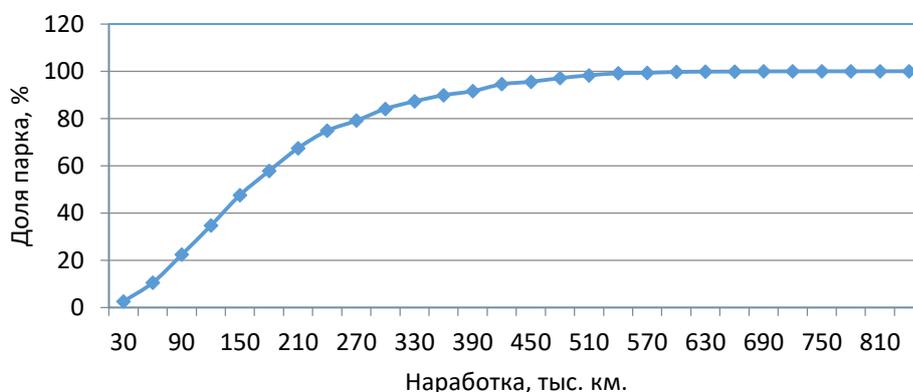


Рисунок 3.13 – Интегральное эмпирическое распределение наработок грузовых автомобилей с начала эксплуатации

Таким образом, на основе анализа полученных данных построены распределения подвижного состава по наработке с начала эксплуатации по грузовым автомобилям. Установлено, что около 15% автомобилей имеют наработку более 350 тыс. км. При этом есть автомобили, имеющие наработку с начала эксплуатации более 500 тыс. км.

На следующем этапе экспериментальных исследований проверено предположение об отсутствии корреляции между возрастом автомобилей и наработкой с начала эксплуатации. Результаты представлены на графике (рис. 3.14).

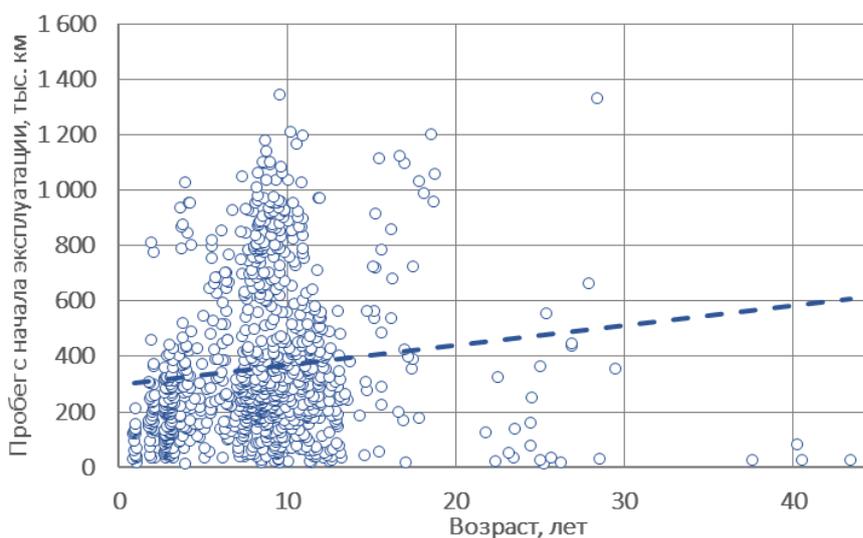


Рисунок 3.14 – Связь между возрастом и наработкой автомобилей

Проверка значения коэффициента корреляции по критерию Стьюдента показала отсутствие статистически значимой линейной корреляционной связи, что подтверждает выдвинутое предположение и свидетельствует о необходимости учета интенсивности эксплуатации при определении рационального срока службы автомобилей.

### 3.4. Проверка гипотезы о виде модели зависимости коэффициента технической готовности от наработки

Коэффициент технической готовности зависит от многих факторов. По данным Макаровой А.Н. для транспортных подразделений ПАО «Сургутнефтегаз» его значения находятся в пределах от 0,65 до 0,93 (рис. 3.15). Меньшие значения характерны для автомобилей, работающих в тяжелых дорожных условиях, например, самосвалов при перевозке грунта для отсыпки оснований при строительстве объектов нефтегазодобычи.

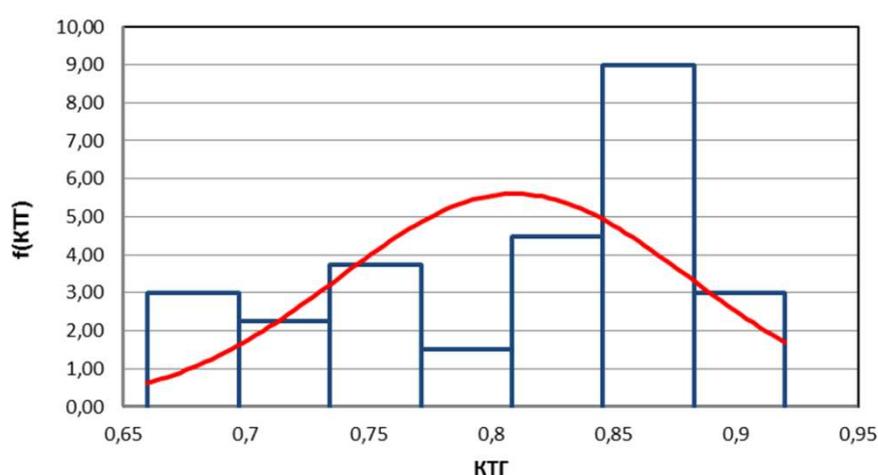


Рисунок 3.15 – Распределение КТГ автомобилей транспортных подразделений ПАО «Сургутнефтегаз» [91]

В процессе данных исследований установлено распределение КТГ для автомобилей отдельных предприятий. Из графика рис. 3.16 видно, что эмпирическое распределение близко к нормальному закону.

Для проверки гипотезы о виде модели влияния наработки на коэффициент технической готовности обработаны статистические данные по фактическим значениям КТГ для автомобилей с разными наработками. Полученные значения разбиты по интервалам наработки, и рассчитано

среднее значение КТГ в каждом интервале. Результаты представлены в графическом виде на рис. 3.17 и 3.18.

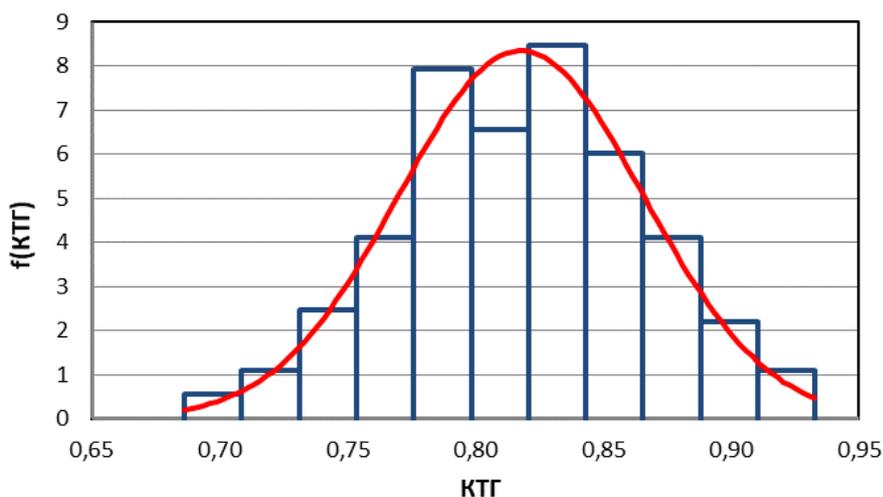


Рисунок 3.16 – Распределение КТГ автомобилей для одного предприятия

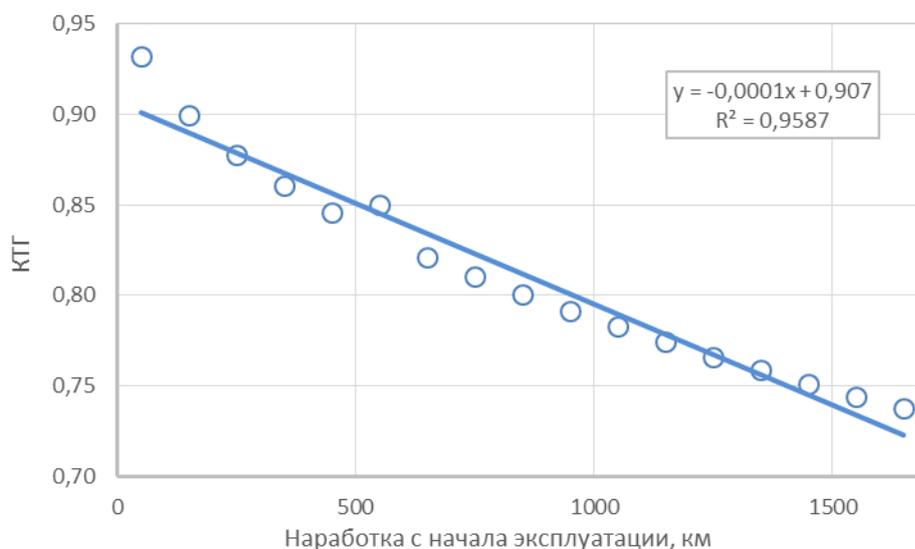


Рисунок 3.17 – Влияние наработки с начала эксплуатации на КТГ (аппроксимация линейной моделью)

При аппроксимации экспериментальных данных линейной моделью коэффициент парной корреляции составил 0,979, t-статистика Стьюдента для коэффициента корреляции составила 18,6 при предельном ее значении для вероятности 0,99, равном 2,95. Следовательно, с вероятностью 0,99 наработка существенно влияет на КТГ.

При аппроксимации экспоненциальной моделью коэффициент корреляционное отношение составило 0,985, t-статистика Стьюдента для коэффициента корреляции составила 22,1 при предельном ее значении для вероятности 0,99, равном 2,95.

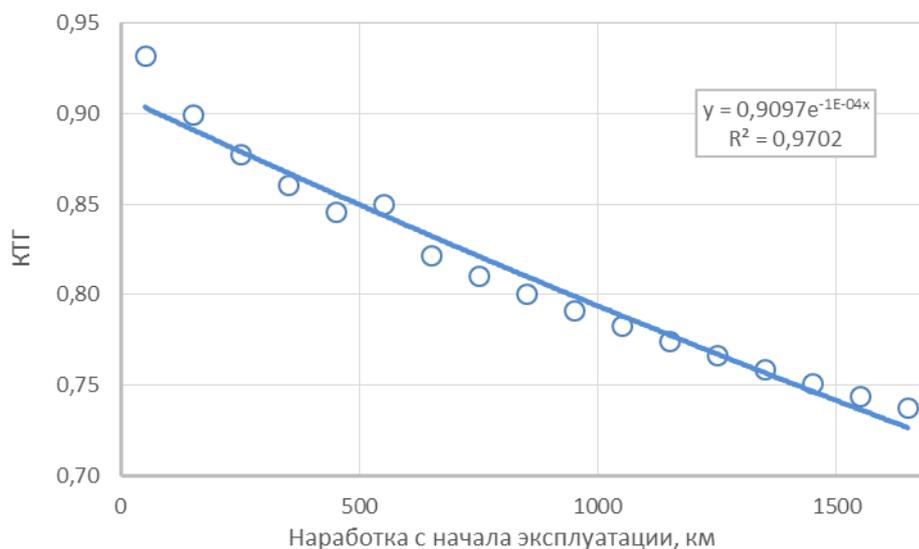


Рисунок 3.18 – Влияние наработки с начала эксплуатации на КТГ (аппроксимация экспоненциальной моделью)

Проверка по критерию Фишера показала, что обе модели адекватные с вероятностью выше 0,95. Логарифмическая модель не соответствует геометрической структуре экспериментальных данных: поскольку она имеет «выпуклый вид», а экспериментальная зависимость – «вогнутый». Учитывая, что экспоненциальная модель точнее, следует выбрать ее для дальнейшего использования.

### ***3.5. Проверка гипотезы о виде модели зависимости параметра потока отказов от наработки***

Для проверки гипотезы о виде модели влияния наработки на параметр потока отказов получены данные об отказах автомобилей с различными

наработками. Данные получены из базы ПАО «Сургутнефтегаз», АО «Тобольское ПАТП», транспортных предприятий, обслуживающих объекты ПАО «НК «Роснефть».

Данные по отказам разделены по маркам и моделям автомобилей. Фрагмент результатов сбора данных представлен в приложении 4. Затем они разбиты по интервалам наработки с шагом 50 тыс. км. В каждом интервале подсчитано количество отказов. Рассчитан пробег всех рассматриваемых автомобилей в каждом интервале наработки. Параметр потока отказов определен делением количества отказов на общий пробег всех автомобилей (табл. 3. 1).

Таблица 3.1 – Исходные данные для исследования закономерности влияния наработки на параметр потока отказов автомобилей КАМАЗ-43118

Номер интервала	Границы интервала, тыс. км	Середина интервала, тыс. км	Количество отказов, ед.	Общий пробег автомобилей, тыс. км	Параметр потока отказов, 1/тыс. км
1	0 ... 50	25	6 577	59 220	0,111
2	>50 ... 100	75	2 922	21 059	0,139
3	>100 ... 150	125	1 701	10 372	0,164
4	>150 ... 200	175	937	4 937	0,190
5	>200 ... 250	225	1 219	6 301	0,193
6	>250 ... 300	275	909	4 158	0,219
7	>300 ... 350	325	648	2 464	0,263
8	>350 ... 400	375	377	1 524	0,247
9	>400 ... 450	425	279	1 089	0,256

Для оценки минимального объема выборки интервале наработки определен закон распределения наработок на отказ (рис. 3.19).

Расчеты показали, что с вероятностью более 0,95 эмпирическое распределение адекватно описывается законом Вейбулла (статистика Пирсона

составила 0,125, что меньше допустимого значения для 11 степеней свободы и вероятности 0,95, равного 4,580).

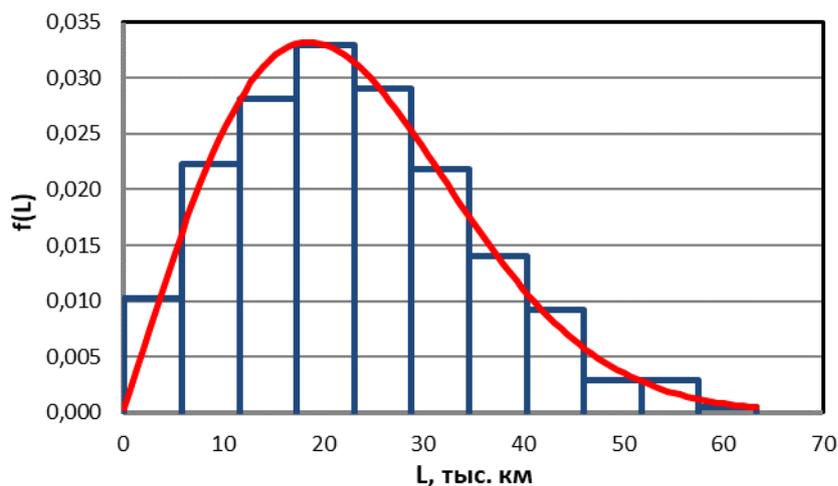


Рисунок 3.19 – Распределение наработок на отказ автомобилей КАМАЗ-43118

В соответствии с методикой, изложенной в [94], при экспериментальном определении показателей надежности минимальный объем выборки, распределенной по закону Вейбулла, должен составлять не менее 32 для обеспечения относительно ошибки не более 0,1 с вероятностью не менее 0,90.

Объем выборок во всех рассматриваемых интервалах (табл. 3.1) превышает это предельное значение, поэтому исходные данные можно считать репрезентативными.

Аппроксимация данных из табл. 3.1 проводилась линейной, логарифмической и экспоненциальной моделями. Расчет статистических характеристик моделей показал, что наилучшую аппроксимацию обеспечивает логарифмическая модель 3.1 (рис. 3.20):

$$\omega = 0,056 \ln(L) - 0,088. \quad (3.1)$$

Дисперсионное отношение Фишера для логарифмической модели составило 9,84, оно превышает критическое значение для вероятности 0,95 и

числа степеней свободы 7, равное 3,79. Средняя ошибка аппроксимации составила 8,28 %.

Все это свидетельствует об адекватности логарифмической модели экспериментальным данным.

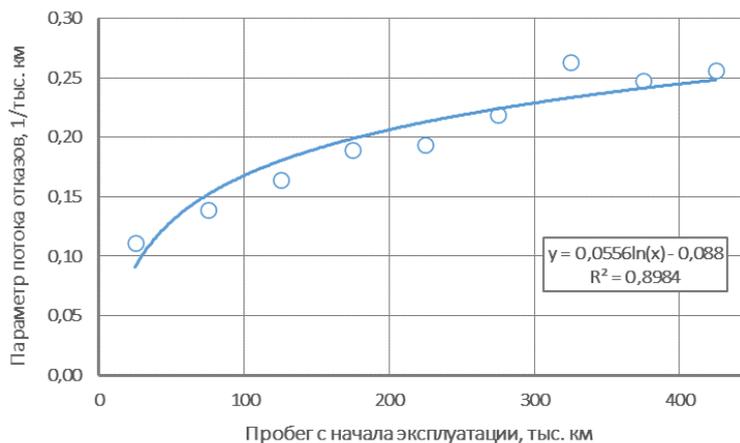


Рисунок 3.20 – Изменение параметра потока отказов автомобилей КАМАЗ-43118 в зависимости от наработки

Аналогичные исследования проведены по автомобилям Урал-4320. Расчеты показали, что для этих автомобилей влияние наработки на параметр потока отказов лучше всего описывает также логарифмическая модель 3.2 (рис. 3.21): :

$$\omega = 0,078 \ln(L) - 0,182. \quad (3.2)$$

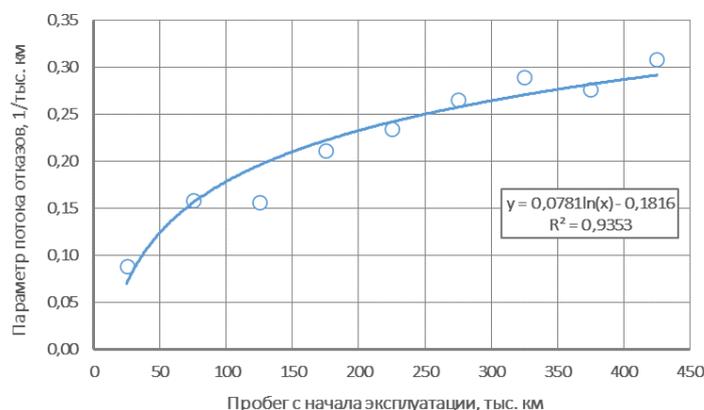


Рисунок 3.21 – Изменение параметра потока отказов автомобилей Урал-4320 в зависимости от наработки

Дисперсионное отношение Фишера для этой модели составило 15,86, оно превышает критическое значение для вероятности 0,95 и числа степеней свободы, равное 3,79. Средняя ошибка аппроксимации составила 8,17 %.

Обработка данных об изменении параметра потока отказов автобусов Тобольского ПАТП показала, что закономерность имеет другой вид: с увеличением наработки параметр потока отказов растет прогрессивно (рис. 3.22), а не стремится к стабилизации, как на рис. 3.18 и 3.20.

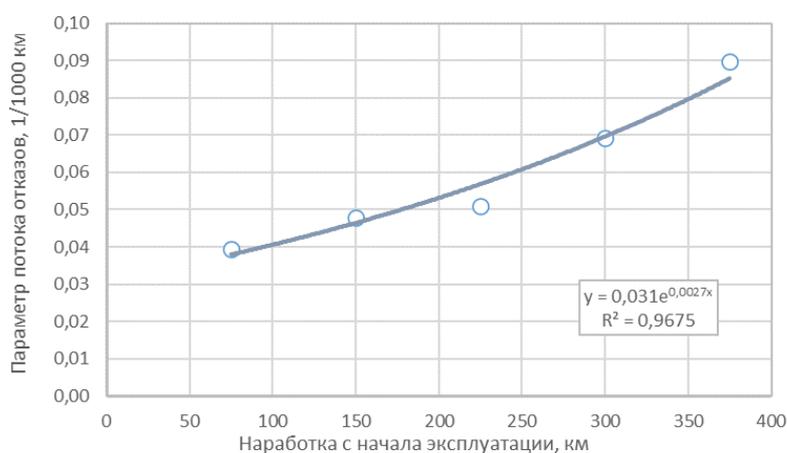


Рисунок 3.22 – Изменение параметра потока отказов автобусов Hyundai Universe Space Luxury в зависимости от наработки

Экспериментальные данные, представленные на рис. 3.21, адекватно описываются экспоненциальной моделью:  $F = 72,68$  при критическом значении для четырех степеней свободы и вероятности 0,95, равном 6,39.

Аналогичные зависимости получены и для автобусов других марок и моделей – HIGER KLQ 6928Q, Scania Omniexpress, ПАЗ-Вектор.

Для указанных автобусов характерна малая численность в парке, поэтому ремонт осуществляется индивидуальным методом без создания оборотных фондов агрегатов. После каждого восстановления наработка на очередной отказ, как правило, меньше предыдущей, а параметр потока отказов растет прогрессивно.

Автомобили марок КАМАЗ и Урал более массовые, в парках предприятий технологического транспорта их насчитывают сотни единиц.

Например, в ПАО «Сургутнефтегаз» эксплуатируются более трех тыс. автомобиле КАМАЗ и столько же автомобилей Урал.

В этих условиях целесообразно создание оборотных фондов агрегатов. После определенной наработки в 150 ... 200 тыс. км автомобиль работает уже на агрегатах, полученных из оборотного фонда. Качество таких агрегатов относительно стабильное, поэтому и наработки на отказ после указанного периода эксплуатации уже не снижаются так интенсивно, как при индивидуальном методе ремонта.

Таким образом, установлено, что вид зависимости параметра потока отказов от возраста и наработки определяется размером парка автомобилей и организацией ТР. Для малочисленных парков и индивидуального метода ремонта эти зависимости близки к линейным или экспоненциальным, а для больших парков и агрегатном методе ТР – логарифмическим.

### ***3.6. Проверка гипотезы о виде модели зависимости коэффициента технической готовности от времени***

Ранее исследовано влияние наработки на КТГ, установлено, что эта зависимость адекватно описывается экспоненциальной моделью.

Кроме того, установлено, что между наработкой и возрастом автомобилей отсутствует статистически значимая линейная корреляция. Поэтому, кроме наработки, при определении предельного возраста автомобилей необходимо учитывать и интенсивность эксплуатации, отношение которых представляет собой время с начала эксплуатации автомобиля.

Для проверки гипотезы о виде модели зависимости коэффициента технической готовности от времени из базы выбраны данные о значения КТГ для автомобилей разных возрастов. Результаты показаны на рис. 3.23.

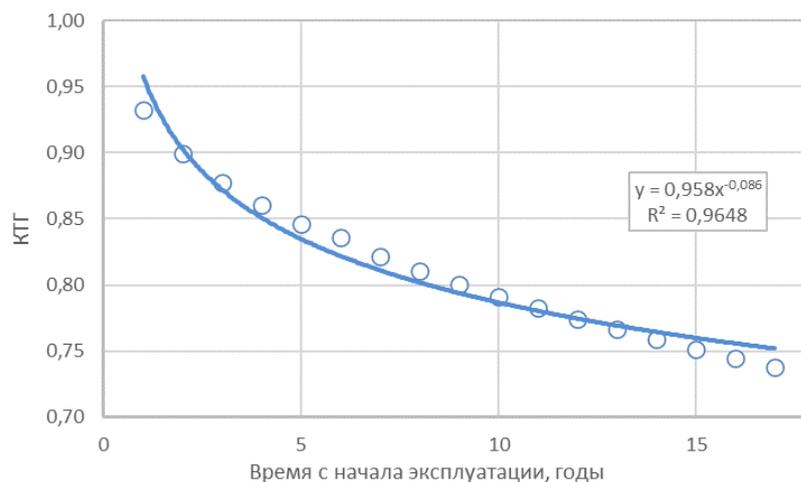


Рисунок 3.23 – Зависимость коэффициента технической готовности от времени с начала эксплуатации автомобилей

Полученные данные адекватно описываются степенной моделью следующего вида (3.3):

$$\alpha_T = 0,958x^{-0,086}. \quad (3.3)$$

Оценка адекватности по критерию Фишера показала, что дисперсионное отношение для данной модели составило 89,0 при предельном значении  $F_{0,95}=2,4$ . Поэтому модель можно считать адекватной с вероятностью не ниже 0,95.

### ***3.7. Проверка гипотезы о виде модели зависимости параметра потока отказов от времени***

Для проверки гипотезы о виде модели влияния времени с начала эксплуатации на параметр потока отказов получены данные об отказах автомобилей с различным возрастом.

Аппроксимация данных проводилась линейной, логарифмической и экспоненциальной моделями. Расчет статистических характеристик моделей

показал, что наилучшую аппроксимацию обеспечивает логарифмическая модель (рис. 3.24 и 3.25).

Для автомобилей КАМАЗ-43118 модель имеет вид (3.4):

$$\omega = 0,097 \ln(T) + 0,070. \quad (3.4)$$

Дисперсионное отношение Фишера составило 13,80, оно превышает критическое значение для вероятности 0,95 и числа степеней свободы 16, равное 2,40. Средняя ошибка аппроксимации составила 9,50 %.

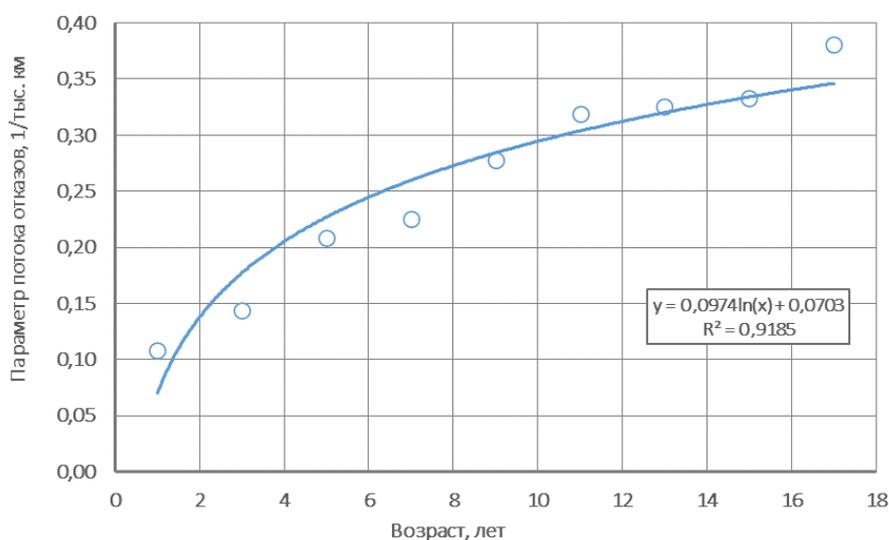


Рисунок 3.24 – Изменение параметра потока отказов автомобилей КАМАЗ-43118 в зависимости от возраста

Для автомобилей Урал-4320 модель имеет вид (3.5):

$$\omega = 0,116 \ln(T) + 0,073. \quad (3.5)$$

Дисперсионное отношение Фишера составило 15,88, оно превышает критическое значение для вероятности 0,95 и числа степеней свободы 16, равное 2,40. Средняя ошибка аппроксимации составила 8,59 %.

Таким образом, для описания рассматриваемой зависимости необходимо использовать логарифмическую модель.

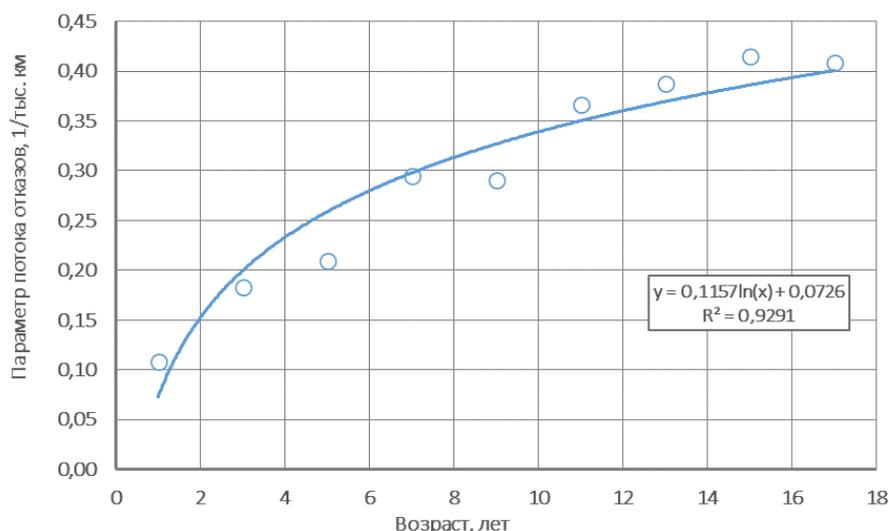


Рисунок 3.25 – Изменение параметра потока отказов автомобилей Урал-4320 в зависимости от возраста

### ***3.8. Проверка гипотезы о виде модели зависимости коэффициента технической готовности от наработки и времени***

Первым этапом определения предельного срока службы автомобилей по критерию надежности обслуживания является сбор данных о простоях автомобилей разного возраста и наработки в текущем ремонте. Далее был осуществлен сбор данных об интенсивности эксплуатации автомобилей.

На следующем этапе был произведен расчет удельных простоев в ТР (дни/1000 км) в разных интервалах наработки  $L$  и возраста  $T$ . Данные представлены в таблице 3.2.

Аппроксимация полученных данных осуществляется моделью вида 3.6 (рис 3.26):

$$D_{ТР} = A_0 + A_1 L^{A_2} + A_3 T^{A_4}, \quad (3.6)$$

где  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4$  – константы модели.

В результате обработки для автомобилей КАМАЗ-43118 получена модель следующего вида (3.7):

$$D_{TP} = 0,060L^{0.51} + 0,206T^{0.55} - 0,209. \quad (3.7)$$

Проверка по критерию Фишера показала ее адекватность с вероятностью 0,95. Средняя ошибка аппроксимации составила 8,32 %.

Таблица 3.2 – Результаты обработки данных о простоях автомобилей в ТР

Наработка, тыс. км	D <sub>TP</sub> при возрасте, лет															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
50	0,06	0,15	0,23	0,29	0,35	0,40	0,45	0,50	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,73	0,77	0,80
150	0,28	0,37	0,45	0,51	0,57	0,62	0,67	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,95	0,99	1,02
250	0,43	0,52	0,60	0,66	0,72	0,77	0,82	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,07	1,10	1,14	1,17
350	0,54	0,64	0,71	0,78	0,84	0,89	0,94	0,98	1,03	1,07	1,11	1,15	1,18	1,22	1,25	1,29
450	0,64	0,74	0,81	0,88	0,94	0,99	1,04	1,08	1,13	1,17	1,21	1,25	1,28	1,32	1,35	1,39
550	0,73	0,83	0,90	0,97	1,03	1,08	1,13	1,17	1,22	1,26	1,30	1,34	1,37	1,41	1,44	1,47
650	0,81	0,91	0,98	1,05	1,10	1,16	1,21	1,25	1,30	1,34	1,38	1,41	1,45	1,49	1,52	1,55
750	0,88	0,98	1,06	1,12	1,18	1,23	1,28	1,33	1,37	1,41	1,45	1,49	1,52	1,56	1,59	1,63
850	0,95	1,05	1,12	1,19	1,25	1,30	1,35	1,39	1,44	1,48	1,52	1,56	1,59	1,63	1,66	1,70
950	1,02	1,11	1,19	1,25	1,31	1,36	1,41	1,46	1,50	1,54	1,58	1,62	1,66	1,69	1,73	1,76
1050	1,08	1,17	1,25	1,31	1,37	1,42	1,47	1,52	1,56	1,60	1,64	1,68	1,72	1,75	1,79	1,82
1150	1,13	1,23	1,30	1,37	1,43	1,48	1,53	1,58	1,62	1,66	1,70	1,74	1,77	1,81	1,84	1,88
1250	1,19	1,28	1,36	1,42	1,48	1,53	1,58	1,63	1,67	1,71	1,75	1,79	1,83	1,86	1,90	1,93
1350	1,24	1,34	1,41	1,48	1,53	1,59	1,64	1,68	1,73	1,77	1,81	1,84	1,88	1,92	1,95	1,98
1450	1,29	1,39	1,46	1,53	1,58	1,64	1,69	1,73	1,78	1,82	1,86	1,89	1,93	1,97	2,00	2,03

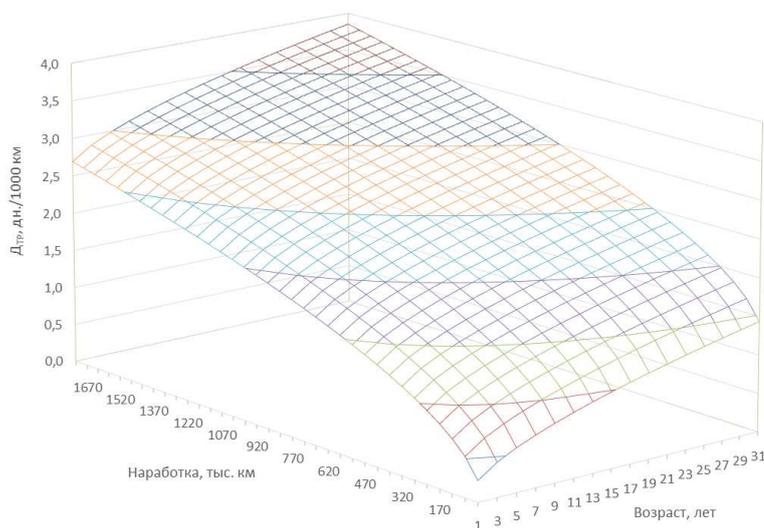


Рисунок 3.26 – Графический вид модели влияния возраста и наработки с начала эксплуатации на удельные простои в ТР автомобилей

Далее, исходя из полученной зависимости удельных простоев в ТР от наработки и возраста автомобилей был осуществлен расчет потенциального коэффициента технической готовности для разных возрастов и наработок с начала эксплуатации автомобилей (3.8):

$$\alpha_T = 1 - \frac{D_{ТР}L_T + D_{ТО}L_T/L_{ТО}}{D_{РГ}}, \quad (3.8)$$

где  $L_T$  – годовой пробег автомобилей, тыс. км;

$D_{ТО}$  – время простоя в ТО, дни на одно обслуживание (как правило, один день, поэтому далее принимаем  $D_{ТО}=1$ );

$L_{ТО}$  – периодичность ТО, тыс. км;

$D_{РГ}$  – количество в году рабочих дней.

По полученным данным построен график рис. 3.27.

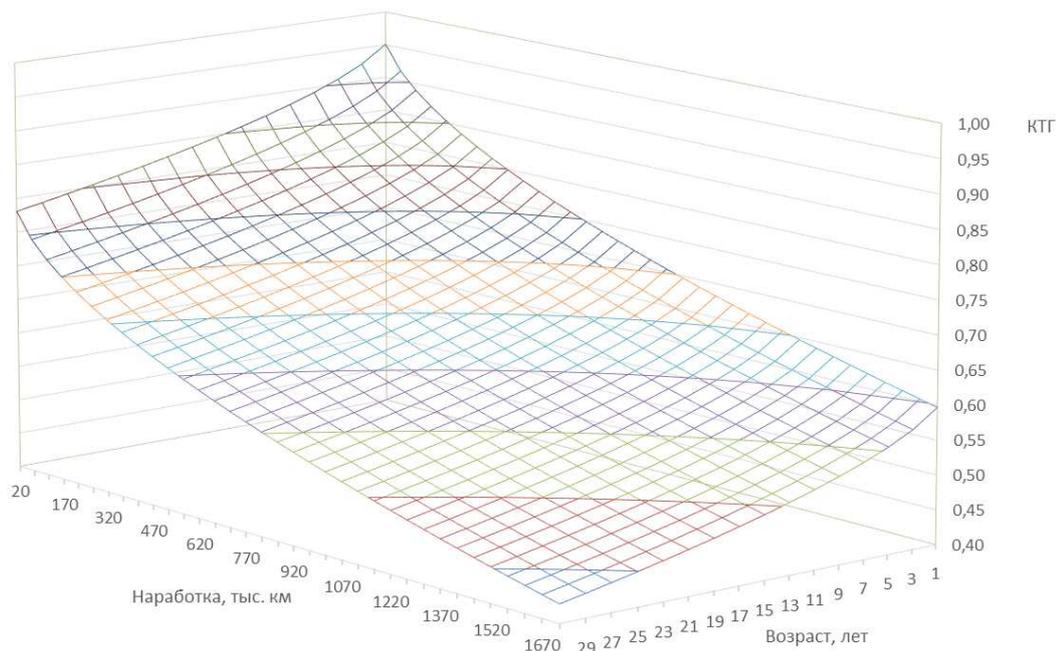


Рисунок 3.27– Графический вид модели влияния возраста и наработки с начала эксплуатации на КТГ

### ***3.9. Проверка гипотезы о виде модели зависимости параметра потока отказов от наработки и времени***

Для определения рационального срока необходимо применить метод по условиям безопасности.

Исходя из цели данной работы необходимо установить вероятности отказов автомобилей в целом, а также их систем, влияющих на безопасность движения, и изменение этих показателей по наработке и времени эксплуатации.

Для этого из полученных статистических данных необходимо установить распределение отказов по наработке и времени эксплуатации за определённый период времени, а также суммарную наработку всех рассматриваемых автомобилей в каждом интервале наработки и времени в этот же период. Это позволит рассчитать параметр потока отказов, а на его основе – вероятность отказов.

Для решения этой задачи сначала необходимо провести анализ распределения отказов по системам автомобилей, необходимо выделить те отказы, которые влияют на безопасности движения.

Весь перечень неисправностей и условий, запрещающих эксплуатацию транспортных средств, описан в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств», а также в Правилах дорожного движения.

Далее в соответствии с целями работы необходимо выявить отказы, связанные с общим изменением технического состояния автомобиля, требующие существенных затрат труда и средств для их устранения, поскольку вероятность их возникновения зависит от возраста и наработки с начала эксплуатации автомобилей.

Первый этап анализа предусматривал отбор марок и моделей автомобилей, используемых в нефтегазодобывающем управлении. Всего по

данным, полученным на первом этапе исследований, подвижной состав включает около 120 наименований разных марок, моделей и модификаций грузовых автомобилей.

Для отбора использовался АВС-анализ, который позволяет выявить марки и модели ПС, входящие в группы наиболее распространенных, составляющих 20 % номенклатуры и 80 % численности (приложение 2).

В результате АВС-анализа выбрано 25 марок и моделей, что составляет 20% от общего числа автомобилей. Распределение отказов по системам подвижного состава представлено в приложении 3.

Анализ показал, что в среднем по выбранным маркам и моделям ПС 35,21 % отказов приходится на системы, влияющие на безопасность движения. При этом минимальные значения – 21,66 %, получены для грузовых автомобилей КАМАЗ-44108, а максимальные – 42,88 % для автомобилей КАМАЗ-5350.

На следующем этапе работы были получены данные об отказах по 25 маркам и моделям подвижного состава. В результате обработки отказы были распределены по наработке транспортных средств и их возрасту. Фрагмент результатов представлен в таблице приложения 4 и табл. 3.3.

Таблица 3.3 – Фрагмент результатов обработки данных о количестве отказов автомобилей

Интервал наработки, тыс. км	Количество отказов, ед., в интервале возраста, лет				
	0 ... 2	2 ... 4	4 ... 6	...	30 ... 32
0 ... 50	1469	1804	168	...	42
50 ... 100	2570	3087	1492	...	168
100 ... 150	3676	3145	4806	...	160
...	...	...	...	...	...
1,650 ... 1,700	0	0	2548	...	811

Для рассматриваемых групп автомобилей в каждом интервале наработки и возраста рассчитаны суммарные пробеги за рассматриваемый

период. Значение параметра потока отказов в каждом интервале определялось как отношение количества отказов к суммарной наработке.

Обработка результатов эксперимента показала, что математическая модель с вероятностью выше 0,95 адекватна исходным данным. Пример такой модели представлен ниже (3.9):

$$\omega = 0,068 \ln(L) + 0,053 \ln(T) - 0,03. \quad (3.9)$$

Таблица 3.4 – Фрагмент результатов расчета параметра потока отказов

Интервал наработки, тыс. км	Параметр потока отказов, 1/1,000 км, при возрасте, лет				
	0 ... 2	2 ... 4	4 ... 6	...	30 ... 32
0 ... 50	0,174	0,232	0,259	...	0,356
50 ... 100	0,259	0,317	0,344		0,441
100 ... 150	0,354	0,354	0,381		0,478
...	...	...	...	...	...
1 650 ... 1 700	–	0,533	0,562		0,657

Средняя ошибка аппроксимации для модели составляет 8,81. В графическом виде модель представлена на рис. 3.28.

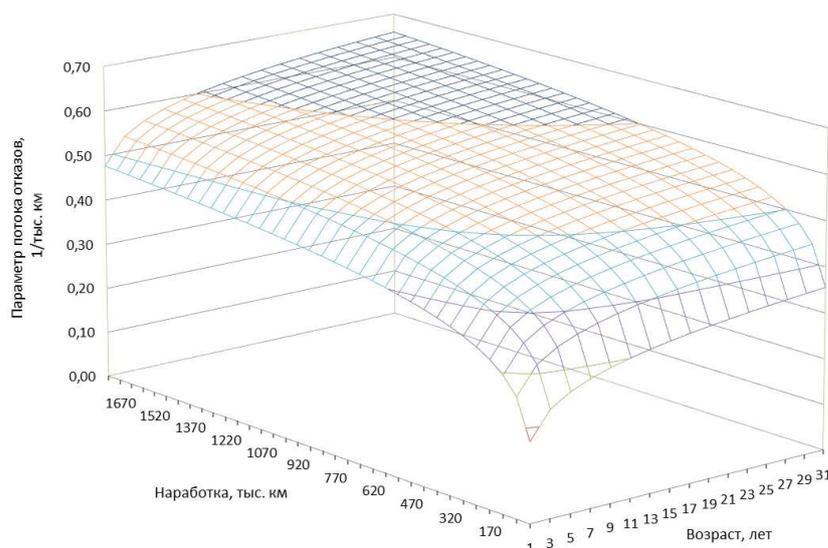


Рисунок 3.28 – Влияние наработки с начала эксплуатации и возраста на параметр потока отказов автомобилей КАМАЗ-43118

### **3.10. Выводы по разделу 3**

На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований были сделаны следующие выводы.

1. Обосновано, что при определении рациональных сроков службы автомобилей использование технико-экономического метода не всегда возможно, поэтому в качестве критериев для решения этой задачи предложено использовать безопасность и надежность транспортно-технологического обслуживания.

2. Установлено, что в качестве целевой функции целесообразно использовать значение предельного коэффициента технической готовности, а также значение предельного параметра потока отказов.

3. Оценен фактический возраст и сроки эксплуатации автомобилей. Выявлено, что около 50 % автомобилей имеют возраст более 10 лет и наработку свыше 300 тыс. км.

4. Показано, что при определении рационального срока службы автомобилей необходимо учитывать совместное влияние наработки и времени с начала эксплуатации.

5. Разработаны теоретические подходы к определению рациональных сроков службы автомобилей по условиям надежности и безопасности транспортно-технологического обслуживания.

6. Установлено, что вид зависимости параметра потока отказов от возраста и наработки определяется размером парка автомобилей и организацией ТР. Для малочисленных парков и индивидуального метода ремонта эти зависимости близки к линейным или степенным, а для больших парков и агрегатном методе ТР – логарифмическим.

7. Показано, что влияние возраста и наработки с начала эксплуатации на параметр потока отказов адекватно описывается логарифмическими моделями, а на удельные простои в ТР и коэффициент технической готовности

– степенными. Показано, что математические модели с вероятностью выше 0,95 адекватны исходным данным.

## 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

### 4.1. Определение рационального срока службы автомобилей по критерию надежности обслуживания

Методику определения рационального срока службы автомобилей по критерию надежности предусматривает выполнение ряда этапов (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 -Методика расчета рационального срока службы автомобилей по критерию надежности обслуживания

1. Сбор данных о простоях автомобилей в текущем ремонте (ТР) при разных наработках и возрасте.
2. Сбор данных об интенсивности эксплуатации автомобилей.
3. Расчет удельных простоев в ТР (дни/1000 км) в разных интервалах наработки  $L$  и возраста  $T$ .
4. Аппроксимация полученных данных моделью вида (4.1):

$$D_{\text{ТР}} = A_0 + A_1 L^{A_2} + A_3 T^{A_4}, \quad (4.1)$$

где  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4$  – константы модели.

5. Расчет потенциального коэффициента технической готовности (КТГ)  $\alpha_T$  для разных возрастов и наработок с начала эксплуатации автомобилей (4.2):

$$\alpha_T = 1 - \frac{D_{TP}L_T + D_{TO}L_T/L_{TO}}{D_{PG}}, \quad (4.2)$$

где  $L_T$  – годовой пробег автомобилей, тыс. км;

$D_{TO}$  – время простоя в ТО, дни на одно обслуживание (как правило, один день, поэтому далее принимаем  $D_{TO}=1$ );

$L_{TO}$  – периодичность ТО, тыс. км;

$D_{PG}$  – количество рабочих дней в году.

6. Определение предельного значения КТГ, например,  $\alpha_T^{(пр.)} = 0,77$ .

7. Расчет предельного возраста автомобилей по критерию надежности обслуживания при разных наработках с начала эксплуатации.

Преобразуем последнее уравнение для расчета  $D_{TP}$  (4.3 – 4.6):

$$\frac{D_{TP}L_T + L_T/L_{TO}}{D_{PG}} = 1 - \alpha_T^{(пр.)}; \quad (4.3)$$

$$D_{TP}L_T + L_T/L_{TO} = D_{PG}(1 - \alpha_T^{(пр.)}); \quad (4.4)$$

$$D_{TP}L_T = D_{PG}(1 - \alpha_T^{(пр.)}) - L_T/L_{TO}; \quad (4.5)$$

$$D_{TP} = \frac{D_{PG}(1 - \alpha_T^{(пр.)})}{L_T} - 1/L_{TO}. \quad (4.6)$$

С другой стороны, ранее получена модель (4.7):

$$D_{TP} = A_0 + A_1 L^{A_2} + A_3 T^{A_4}. \quad (4.7)$$

Приравниваем правые части двух последних уравнений (4.8):

$$A_0 + A_1 L^{A_2} + A_3 T^{A_4} = \frac{D_{TP}(1-\alpha_T^{(пр.)})}{L_T} - 1/L_{TO}. \quad (4.8)$$

Преобразуем (4.9):

$$A_3 T^{A_4} = \frac{D_{TP}(1-\alpha_T^{(пр.)})}{L_T} - 1/L_{TO} - A_0 - A_1 L^{A_2}. \quad (4.9)$$

Получаем (4.10):

$$T = \sqrt[A_4]{\frac{\frac{D_{TP}(1-\alpha_T^{(пр.)})}{L_T} - \frac{1}{L_{TO}} - A_0 - A_1 L^{A_2}}{A_3}}. \quad (4.10)$$

Здесь  $\alpha_T^{(пр.)}$  рассчитывается, исходя из заданных значений  $K_R$ , а также предполагаемых  $K_F^{(уэ)}$  и  $K_F^{(орг.)}$ . Установлено, что для рассматриваемых предприятий надежность транспортно-технологического обслуживания на 78 % определяется технической готовностью подвижного состава, а на 22 % – условиями эксплуатации и организационными факторами.

На основе результатов, представленных в разделе 3, построен график зависимости показателя надежности транспортно-технологического обслуживания от возраста и наработки с начала эксплуатации автомобилей (рис. 4.2).

Предельный возраст автомобилей по критерию надежности обслуживания при разных наработках с начала эксплуатации представлен в табл. 4.1.

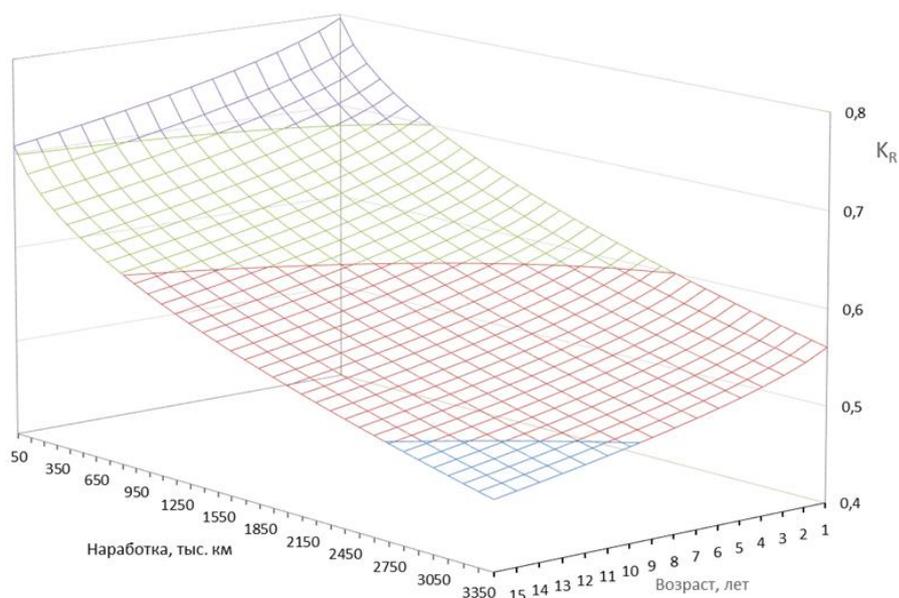


Рисунок 4.2 – Влияние возраста и наработки с начала эксплуатации на надежность транспортно-технологического обслуживания

Таблица 4.1 – Расчет предельного возраста автомобилей по критерию надежности обслуживания

L, тыс. км	l, тыс. км/год	T, лет
20	0,59	34,11
70	2,89	24,18
120	6,52	18,40
170	11,93	14,25
220	19,90	11,05
270	31,73	8,51
320	49,60	6,45
370	77,46	4,78
420	122,90	3,42
470	202,13	2,33
...	...	...

Аппроксимируем результаты расчета степенной моделью, получаем график (рис. 4.3).

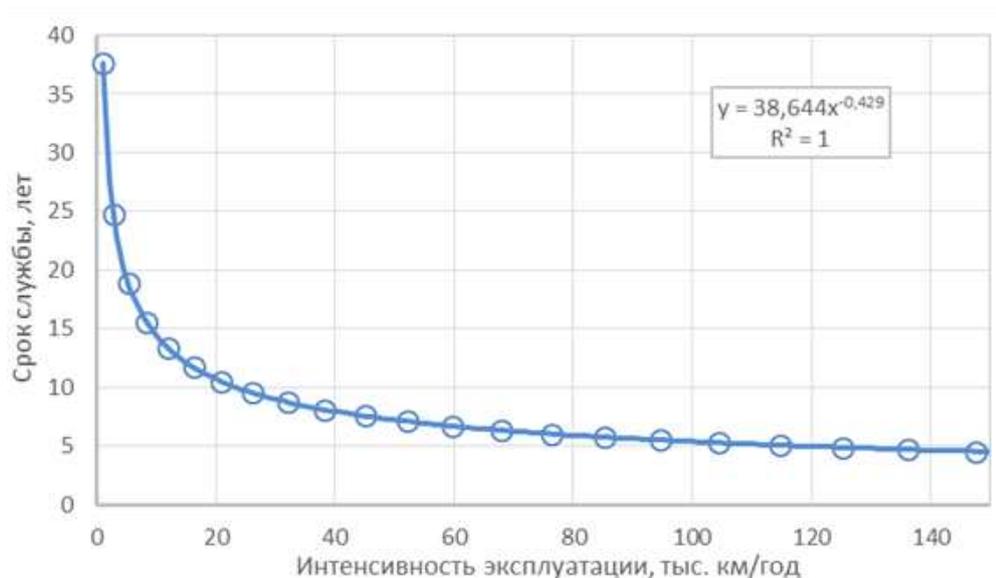


Рисунок 4.3 – Влияние интенсивности эксплуатации на предельный срок службы автомобилей по критерию надежности обслуживания

На основе полученных результатов разработан нормативный документ с предельными сроками службы автомобилей по наиболее популярным маркам и моделям (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Фрагмент таблицы с предельными сроками службы

Марка и модель автомобиля	Предельный возраст (годы) при интенсивности эксплуатации (тыс. км год)								
	до 5	свыше 5 ... 10	свыше 10 ... 20	свыше 20 ... 30	свыше 30 ... 40	свыше 40 ... 60	свыше 60 ... 80	свыше 80 ... 100	свыше 100
Урал 4320	25	20	17	15	13	11	10	9	8
КАМАЗ 43118	23	20	17	15	14	13	12	11	10
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Таким образом, в результате исследования была разработана методика определения рационального срока службы автомобилей по критерию надежности обслуживания. На основе обработки статистических данных были рассчитаны удельные простои в текущем ремонте в разных интервалах

наработки  $L$  и возраста  $T$ . Был рассчитан потенциальный коэффициент технической готовности для разных возрастов и наработок с начала эксплуатации автомобилей, а также получены графические модели влияния возраста и наработки с начала эксплуатации на удельные простои в ТР автомобилей и на КТГ, что позволило рассчитать предельный возраст автомобилей по критерию надежности обслуживания.

#### ***4.2. Определение рационального срока службы автомобилей по условиям безопасности***

В результате выполнения исследований необходимо установить следующие нормативы по разным критериями:

предельный срок службы автомобилей по условиям безопасности;  
предельный срок службы автомобилей по критерию надежности обслуживания.

Эти два показателя могут быть связаны между собой, но предварительный анализ показал, что для разных моделей автомобилей доли отказов систем, обеспечивающих безопасность движения, в общем числе отказов могут существенно отличаться. Поэтому, руководствуясь двумя критериями, необходимо выбирать меньшее значение.

Методика определения рационального срока службы автомобилей по условиям безопасности включает ряд этапов (рис. 4.4).

1. Сбор данных о количестве отказов автомобилей в разных интервалах наработки и возраста.
2. Сбор данных об интенсивности эксплуатации автомобилей.
3. Расчет параметра потока отказов  $\omega$  в разных интервалах наработки  $L$  и возраста  $T$ .
4. Аппроксимация полученных данных моделью вида (4.11):

$$\omega = A_0 + A_1 \ln(L) + A_2 \ln(T), \quad (4.11)$$

где  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  – константы модели.



Рисунок 4.4 – Методика определения рационального срока службы автомобилей по условиям безопасности

5. Определение предельного значения параметра потока отказов, например,  $\omega_{пр.} = 0,18$  1/тыс. км.

6. Расчет предельного возраста автомобилей по условиям безопасности при разных наработках с начала эксплуатации (4.12):

$$T = e^{\frac{\omega - A_0 - A_1 \ln(L)}{A_2}}. \quad (4.12)$$

Результаты расчета представлены в табл. 4.1.

Далее строится график влияния интенсивности эксплуатации на предельный срок службы автомобилей (рис. 4.5).

Полученные данные аппроксимируются степенной моделью (4.13):

$$T = 79,9l^{-0,562}. \quad (4.13)$$

Таблица 4.3 – Результаты расчета предельного возраста автомобилей по условиям безопасности

L, тыс. км	<i>l</i> , тыс. км/год	<i>ln T</i>	T, лет
100	2,94	3,52	34,00
130	5,26	3,20	24,70
160	8,34	2,95	19,18
190	12,21	2,74	15,56
220	16,91	2,56	13,01
250	22,45	2,41	11,14
280	28,87	2,27	9,70
310	36,18	2,15	8,57
340	44,40	2,03	7,66
370	53,56	1,93	6,91
400	63,68	1,84	6,28
430	74,76	1,75	5,75
460	86,82	1,67	5,30
490	99,88	1,59	4,91
520	113,95	1,52	4,56
550	129,05	1,45	4,26
580	145,19	1,38	3,99
610	162,37	1,32	3,76

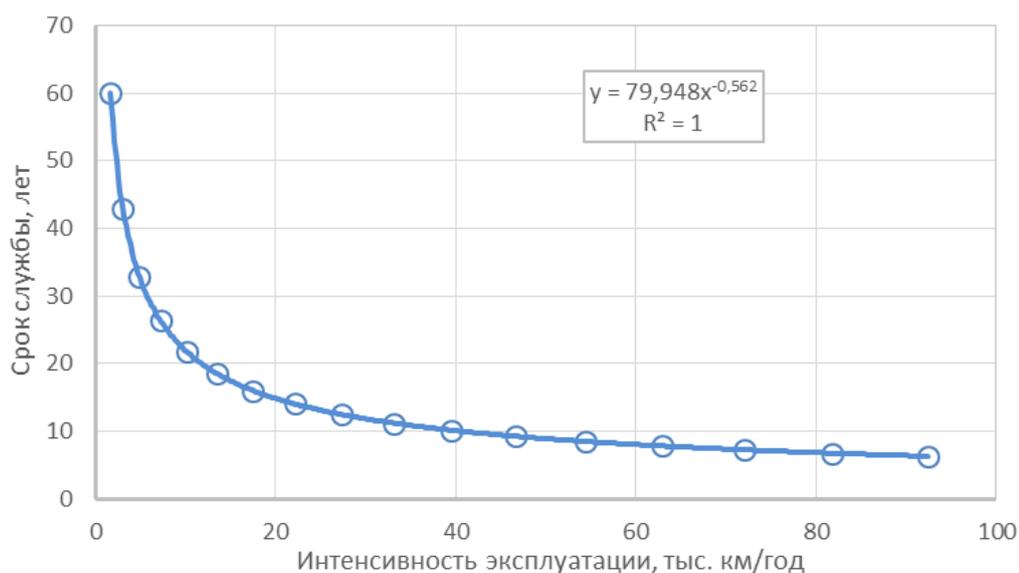


Рисунок 4.5 – Влияние интенсивности эксплуатации на предельный срок службы автомобилей по условиям безопасности

На основе обработки статистических данных было получено распределение отказов по наработке для разных типов, марок и моделей ПС. Сопоставление полученных данных с количеством ТС в интервалах и интенсивностью эксплуатации позволило рассчитать параметр потока отказов в разных интервалах наработки и возраста, что является основой для решения задач по оценке возраста безопасной и экономичной эксплуатации автомобилей.

Предельные сроки эксплуатации для автомобилей разных типов, рассчитанные на основе выполненных исследований, представлены в виде степенных моделей зависимостей от интенсивности эксплуатации в приложении 5.

#### ***4.3. Расчет эффективности предложенных методик***

Одна из основных целей нефтегазодобывающего предприятия – обеспечение бесперебойной работы оборудования, так как его простои ведут к значительному увеличению затрат организации, а значит и его прибыли.

Несвоевременная поставка запасных частей является одной из основных причин простоя нефтегазодобывающего оборудования.

Простой - это приостановка работы оборудования на определенное время по причинам технологического, технического, экономического или организационного характера.

Простой оборудования оказывает негативное непосредственное влияние не только на экономические показатели предприятия, но и на его репутацию. (рис. 4.6).

В основе оценки ущерба, связанного с простоями оборудования лежит сбор статистических данных как о продолжительности прошлых простоев, так и о материальных и нематериальных факторах, влияющих на затраты от простоя оборудования.



Рисунок 4.6 – Влияние простоев нефтегазодобывающего предприятия на показатели его эффективности

Ущерб от простоя можно посчитать, суммировав недополученный доход за время простоя и затраты, понесенные во время простоя.

Недополученный доход рассчитывается по формуле (4.14):

$$D_{уп} = \frac{Q K n C}{N t}, \quad (4.14)$$

где  $D$  – недополученный (упущенный) доход;

$Q$  – дебет скважины;

$K$  – коэффициент эксплуатации;

$n$  – количество часов простоя оборудования;

$N$  – количество дней в году;

$t$  – количество часов работы оборудования в сутки;

$C$  – стоимость тонны нефти.

Затраты, понесенные за время простоя, включают в себя:

1. Заработная плата рабочим во время простоя.

При простое предприятия сотрудники продолжают получать полную оплату, даже в случае, когда внешнее воздействие влияет на их производительность. Также рабочим иногда требуется оплатить часы сверхурочной работы из-за простоя оборудования.

2. Наём дополнительных рабочих и аренда дополнительного оборудования.

Нередко для устранения последствий от простоя дополнительно привлекают работников, которым также необходимо выплатить заработную плату. Также часто для устранения последствий от простоев необходимо арендовать дополнительное оборудование.

Таким образом, стоимость прерывания процесса добычи нефти не сводится к величине потерь от производительности труда, а несет в себе дополнительные расходы, что негативно сказывается на финансово-экономическом положении компании.

В результате внедрения нормативного документа, разработанного в процессе написания научно-исследовательской работы, количество простоев организации за год снизилось на 9%.

Также после внедрения нормативного документа средневзвешенный возраст автомобилей, находящихся в эксплуатации, изменился с 9,85 лет до 6,1 лет. При этом вероятность отказа узлов и механизмов, влияющих на безопасность движения, снизилась на 22,3 % (с 0,102 отказов на 1000 км до 0,079 отказов на 1000 км), коэффициент технической готовности повысился на 8,7 %, затраты на километр пробега снизились на 6,2 %.

#### ***4.4. Выводы по разделу 4***

1. Разработана методика определения рационального срока службы автомобилей по критерию надежности обслуживания и по условиям безопасности.

2. Рассчитан предельный возраст автомобилей по критерию надежности обслуживания и по условиям безопасности.

3. Рассчитан эффект от использования результатов исследований, который заключается в уменьшении затрат на 6,2%, снижении вероятности отказа узлов и механизмов, влияющих на безопасность движения, на 22,3 %, повышении коэффициента технической готовности на 8,7 %.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. В процессе выполненных исследований решена научно-практическая задача разработки методики определения рационального срока службы автомобилей, обеспечивающего заданный уровень надежности транспортно-технологического обслуживания.

2. Установлено, что для рассматриваемых предприятий надежность транспортно-технологического обслуживания на 78 % определяется технической готовностью подвижного состава, а на 22 % – условиями эксплуатации и организационными факторами. В свою очередь техническая готовность существенно зависит от возраста и наработки автомобилей с начала эксплуатации.

3. На основе анализа ранее выполненных исследований и априорного ранжирования установлено, что на рациональный срок службы автомобилей в наибольшей степени влияют дорожные и климатические условия. Обосновано, что при определении рациональных сроков службы автомобилей использование технико-экономического метода не всегда возможно, поэтому в качестве критериев для решения этой задачи предложено использовать безопасность и надежность транспортно-технологического обслуживания. Показано, что при определении рационального срока службы автомобилей необходимо учитывать совместное влияние наработки и времени с начала эксплуатации. Разработаны теоретические подходы к определению рациональных сроков службы автомобилей по условиям безопасности и надежности транспортно-технологического обслуживания.

4. Установлено, что вид зависимости параметра потока отказов от возраста и наработки определяется размером парка автомобилей и организацией ТР. Для малочисленных парков и индивидуального метода ремонта эти зависимости близки к экспоненциальным, а для больших парков и агрегатном методе ТР – к логарифмическим. Показано, что влияние возраста и наработки с начала эксплуатации на параметр потока отказов адекватно

описывается логарифмическими моделями, а на удельные простои в ТР и коэффициент технической готовности – степенными.

5. На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработана методика определения рационального срока службы автомобилей по критериям безопасности и надежности обслуживания. Эффект от ее использования образуется за счет более точного определения срока эксплуатации автомобилей, снижения на этой основе количества отказов, потерь от простоев автомобилей в текущем ремонте и простоев основного производства обслуживаемых промышленных предприятий.

6. Дальнейшие исследования в этой области целесообразно направить на разработку методики корректирования рационального срока службы автомобилей в зависимости от условий эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов О. В. Прогнозирование состояния технических систем / О.В. Абрамов, А.Н. Розенбаум. – Москва: Наука, 1990. – 126 с. – Текст: непосредственный.
2. Авдонькин Ф. Н. Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф. Н. Авдонькин. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1973. – 190 с. – Текст: непосредственный.
3. Авдонькин Ф. Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф. Н. Авдонькин. – Москва: Транспорт, 1993. – 350 с. – Текст: непосредственный.
4. Авдонькин Ф. Н. Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф. Н. Авдонькин, В. А. Сафонов, В. П. Боголюбов, А. М. Казначеев. – Текст: непосредственный // Повышение эффективности использования автомобильного транспорта : межвузовский науч. сборник. – Саратов: СПИ, 1977. – Вып. 2. – С. 23-27.
5. Авдонькин Ф. Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей: учеб. пособие для вузов / Ф. Н. Авдонькин. – Москва: Транспорт, 1985. – 215 с. - Текст: непосредственный.
6. Айдамиров М. И. Метод оптимизации диагностических нормативов сложных механизмов / М. И. Айдамиров. - Текст: непосредственный // Труды НИИАТ. – Москва: МАДИ, 1979. – Вып. 171. – С. 8-11.
7. Александров Л. А. Техническое нормирование труда на автомобильном транспорте / Л. А. Александров. – Москва: Транспорт, 1986. – 207 с. - Текст: непосредственный.
8. Андрианов Ю. В. Исследование влияния дорожных и транспортных условий на эффективность технической эксплуатации автомобилей: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание степени кандидата технических наук

/ Ю. В. Андрианов ; МАДИ. – Москва, 1979. - 178 с. - Текст: непосредственный.

9. Андрущак Т. К. Статистические методы определения режимов технического обслуживания легковых автомобилей, принадлежащих населению / Т. К. Андрущак, Е. И. Кривенко, Г. М. Напольский. - Текст : непосредственный // Прогрессивные формы организации технической эксплуатации автомобилей: сб. науч. тр МАДИ. – Москва, 1983. – С. 94-97.

10. Аникеев В. В. Корректирование нормативов ресурса автомобильных двигателей с учетом сезонной вариации интенсивности и условий эксплуатации: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: диссертация на соискание степени кандидата технических наук / В. В. Аникеев; Тюменский гос. нефтегазовый ун-т. – Тюмень, 2002. – 165 с. - Текст: непосредственный.

11. Анискин А. М. Оценка качества технического обслуживания и ремонта на автотранспортных предприятиях: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: автореферат диссертации кандидата технических наук / А. М. Анискин; Моск. автомобильно-дорожный ин-т. – Москва, 1991. – 18 с. - Текст: непосредственный.

12. Арифиллин И.В., Терентьев А.В., Егунова Т.Н. Применение технико-экономического критерия для определения показателя пробега эффективной эксплуатации автомобиля. - Текст: непосредственный // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2020. – № 3. – С. 70-74.

13. Байхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Ф. Байхельт, П. Франкен. – Пер. с нем. – Москва: Радио и связь, 1988. – 392 с. - Текст: непосредственный.

14. Барашков И. В. Организация технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей / И. В. Барашков, Н. А. Казаков, Г. Н. Михеев. – Изд. 2-е., доп. – Москва: Транспорт, 1966. – 230 с. - Текст: непосредственный.

15. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Р.. Барлоу. - Москва.: Наука, 1984. - 488 с. - Текст: непосредственный.
16. Бедняк М. Н. Определение нормы гарантийного пробега автомобиля / М. Н. Бедняк. – Киев: Издательство Киевского Университета, 1972. – 105 с. - Текст: непосредственный.
17. Бедняк М. Н. Техническая эксплуатация автомобильного транспорта / М. Н. Бедняк, В. Н. Черкис, И. А. Луйк и др. – Киев : Техника, 1979. – 295 с. - Текст: непосредственный.
18. Беляев Ю.К. Вероятностные методы выборочного контроля / Ю. К. Беляев. - Москва.: Наука, 1975. - 407 с. - Текст: непосредственный.
19. Блудян Н. О. Перспективные принципы совершенствования системы технического обслуживания и ремонта подвижного состава / Н. О. Блудян. – Москва: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1990. – 52 с. - Текст: непосредственный.
20. Блюденев А. Ф. Экономические проблемы управления эффективностью машин по конечным результатам: специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством» : диссертация на соискание степени доктора экономических наук / А. Ф. Блюденев; Институт научного центра АН СССР. – Свердловск, 1983. – 38 с. - Текст: непосредственный.
21. Богумил В. Н. Как решить проблему обеспечения безопасного функционирования наземного пассажирского транспорта / В. Н. Богумил. – Текст : непосредственный // Информост. - 1999. - № 6 - С. 40-42.
22. Болбас М.М. Основы технической эксплуатации автомобилей. Учебник / М. М. Болбас. – Минск: Амалфея, 2001. – 352 с. - Текст: непосредственный.
23. Болотин В. В. Ресурс автомашин и конструкций / В. В. Болотин. – Москва: Машиностроение, 1990. – 448 с. - Текст: непосредственный.

24. Бочкарев А. А. Проблема надежности цепи поставок / А. А. А. Бочкарев, П. А. Бочкарев - Текст : непосредственный //Логистика: современные тенденции развития: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. 15, 16 апреля 2010 г. /ред. кол.: В.С. Лукинский и др. - СПб.: СПбГИЭУ, 2010, с. 64-67.
25. Бруевич И. Г. Основы теории точности и надежности устройств / И. Г. Бруевич., В. И. Сергеев. - Москва: Наука, 1976. - 136 с. - Текст: непосредственный.
26. Вегер Л. Л. Обновление машинных парков: проблема эффективности / Л. Л. Вегер. – Москва: Наука, 1991. –115 с. - Текст: непосредственный.
27. Власов В. М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / В. М. Власов и др. – Москва: Издательский центр «Академия», 2003. – 480 с. - Текст: непосредственный.
28. Галушко В. Г. Случайные процессы и их применение на автомобильном транспорте / В. Г. Галушко. - Киев : Вища школа, 1980. – 268 с. - Текст: непосредственный.
29. Гальбурт А. Е. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта проведением предупредительного ремонта автомобилей / А. Е. Гальбурт, Е. А. Лавринович. - Текст: непосредственный // Повышение эксплуатационной надежности автомобилей : труды НИИАТ. – Москва, 1979. – Вып. III. – С. 78-91.
30. Герами В.Д. Организация и управление городскими пассажирскими автомобильными перевозками/ В. Д. Герами, Г. В. Дукаревич. - Москва: МАДИ, 1994. - 144 с. - Текст: непосредственный.
31. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев - Москва: Наука, 1965. - 275 с. - Текст: непосредственный.

32. Говорущенко Н. Я. Основы управления автомобильным транспортом / Н. Я. Говорущенко. – Харьков : Вища школа, 1978. – 244 с. - Текст : непосредственный.
33. Голованенко С. А. Справочник инженера-экономиста автомобильного транспорта / С. А. Голованенко, О. М. Жарова, Г. И. Маслова [и др.] – Москва: Транспорт, 1989. – 320 с. - Текст: непосредственный.
34. Гольд Б. В. Проектирование автомобилей (выбор основных параметров) / Б. В. Гольд. – Москва : Машгиз, 1956. – 206 с. - Текст: непосредственный.
35. Гольд Б. В. Основы прочности и долговечности автомобилей / Б. В. Гольд, Е. П. Оболенский, Ю. Г. Стефанович [и др.] – Москва: Машиностроение, 1967. – 212 с. - Текст: непосредственный.
36. ГОСТ 27. 002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 01-07-1990. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 24 с. - Текст : непосредственный.
37. ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Введ. 15-11-1978. – Москва: Издательство стандартов, 1991. – 15 с. - Текст: непосредственный.
38. ГОСТ Р 51004-96. Государственный стандарт Российской Федерации. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. – Введ. 25-12-1996. – Москва: Издательство стандартов, 1996. – 12 с. - Текст: непосредственный.
39. ГОСТ Р 51006-96. Государственный стандарт Российской Федерации. Услуги транспортные. Термины и определения. – Введ. 01-01-1997. – Москва: Издательство стандартов, 1997. – 11 с. - Текст: непосредственный.
40. Григорьев М. А. Износ и долговечность автомобильных двигателей / М. А. Григорьев, Н. Н. Пономарев. – Москва: Машиностроение, 1976. – 248 с. - Текст: непосредственный.

41. Грязнов М. В. Обеспечение надежности функционирования транспортных систем доставки автомобильным транспортом (на примере уральского региона): специальность 05.22.01 - «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»: диссертация на соискание степени доктора технических наук / М. В. Грязнов; МАДИ. – Москва, 2014. – 320 с. – Текст: непосредственный.

42. Данилов О. Ф. Система транспортного обслуживания предприятий нефтяной промышленности / О. Ф. Данилов. – Москва: Недра, 1997. – 279 с. - Текст: непосредственный.

43. Долгих В. Д. Эксплуатационная надежность автомобильной техники / В. Д. Долгих, В. С. Устименко, Н. А. Титов. - Текст: непосредственный // Грузовик &. – 1998. – №3. – С. 15-17.

44. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем / Г. В. Дружинин - Москва: Энергоатомиздат, 1986. - 479 с. - Текст: непосредственный.

45. Ефремов А. В. Основы обработки и анализа и экономической информации с применением ЭВМ / А. В. Ефремов, С. И. Зайцев. – Москва: МАДИ, 1986. – 79 с. - Текст: непосредственный.

46. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин - Москва: Высшая школа, 1980. - 535 с. - Текст: непосредственный.

47. Житков В.А. Методы оперативного планирования автомобильных перевозок / В. А. Житков, К. В. Ким - Москва: Транспорт, 1982. - 183 с. - Текст: непосредственный.

48. Жидкова М. А. Методические основы определения экономически целесообразного срока службы легкового автомобиля такси: специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством» : диссертация на

соискание степени кандидата экономических наук / М. А. Жидкова; МГАДИ. – Москва, 1998. – 116 с. - Текст: непосредственный.

49. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования / Ю. В. Завадский. – Москва: Транспорт, 1977. – 72 с. - Текст: непосредственный.

50. Захаров Н. С. Взаимосвязь между климатическими факторами / Н. С. Захаров, Г. В. Абакумов, А. Н. Ракитин. – Текст: непосредственный // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. № 1. – С. 26-29.

51. Захаров Н.С. Влияние срока эксплуатации автомобилей на потребность в ресурсах / Н.С. Захаров, М.В. Сирота. – Текст: непосредственный // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы международ. науч.-практ. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – С. 125-129.

52. Захаров Н. С. Стратегия обновления подвижного состава пассажирских автотранспортных предприятий / Н.С. Захаров, Ю.А. Шорохов, С.Ш. Галимов. – Текст: непосредственный // Нефть и газ Западной Сибири: Материалы международной науч.-техн. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. – С. 134-135.

53. Захаров Н. С. Теория массового обслуживания: учебное пособие / Н. С. Захаров, Е. В. Сергиенко. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 90 с. - Текст: непосредственный.

54. Захаров Н. С., Шорохов Ю.А., Галимов С.Ш. Стратегия обновления подвижного состава пассажирских автотранспортных предприятий// Нефть и газ Западной Сибири: материалы международной науч.-техн. конф. Тюмень, 12–13 ноября 2003 года – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. – С. 134-135

55. Захаров Н.С. Методика выбора марочного состава седельных тягачей с использованием интегрального коэффициента / Н. С. Захаров, М. В.

Немков, В. М. Немков - Текст : непосредственный // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 6. – С. 88–95.

56. Звягин А. А. Автомобили ВАЗ: изнашивание и ремонт / А. А. Звягин, М. А. Масино, А. М. Монтин [и др.] – Ленинград : Политехника, 1991. – 255 с. - Текст : непосредственный.

57. Звягин А. А. Автомобили ВАЗ: надежность и обслуживание / А. А. Звягин, Р. Д. Кислюк, Л. Д. Егоров. – Ленинград: Машиностроение, 1981. – 238 с. - Текст: непосредственный.

58. Игнатенко Е. Б. Техничко-экономический анализ на автомобильном транспорте в условиях рынка / Е. Б. Игнатенко, П. В. Гульпенко. – Санкт-Петербург: ЛДНТИ, 1992. – 117 с. - Текст: непосредственный.

59. Индикт Е. А. Определение оптимального ресурса автомобиля / Е. А. Индикт, В. А. Любимова. - Текст: непосредственный // Автомобильный транспорт. - 1972. - № 3. - С. 35.

60. Исаева Л. С. Оптимальные сроки службы автомобилей / Л. С. Исаева. - Москва : Транспорт, 1976. – 55 с. - Текст: непосредственный.

61. Карташов В. П. Методы технического обслуживания автомобилей / В.П. Карташов. – Саратов: Приволжское книжное издательство, 1964. – 204 с. - Текст: непосредственный.

62. Катаргин В. Н Проблемы автоматизированного проектирования нормативов системы технического обслуживания и ремонта / В. Н. Катаргин, А. Н. Князьков. - Текст: непосредственный // Вестник КГТУ. Транспорт. – 2000. – №20. – С. 16-21.

63. Клейнер Б. С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Организация и управление / Б.С. Клейнер, В.В. Тарасов. – Москва: Транспорт, 1986. – 237 с. - Текст: непосредственный.

64. Кнут Д. Э. Искусство программирования / Д. Э. Кнут. – 3-е издание. Том 2. – Москва: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 824 с. - Текст: непосредственный.

65. Колегаев Р. Н. Управление обновлением машинного парка / Р. Н. Колегаев, П. А. Орлов, В. И. Шелепенко. – Киев : Техника, 1981. – 176 с. - Текст: непосредственный.

66. Колегаев Р. Н. Определение наивыгоднейших сроков службы машин / Р. Н. Колегаев, - Москва: Экономиздат, 1963. - 226 с. - Текст: непосредственный.

67. Кравченко Е.А. Повышение качества обслуживания населения и разработка системы управления автобусными перевозками по видам сообщения на основе комплексного критерия качества в условиях рыночных отношений: специальность 05.22.10 - «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание степени доктора технических наук. - Краснодар, 1998, - 550 с. - Текст: непосредственный.

68. Кравченко Е.А. Разработка и совершенствование механизма распределения маршрутной сети между перевозчиками / Е. А. Кравченко, А. В. Балабанов - Текст: непосредственный // В сб.: Актуальные проблемы дорожно-транспортного комплекса России. - Краснодар, КубГТУ, 1999. С. 69-70.

69. Кугель Р. В. Долговечность автомобилей / Р. В. Кугель. – Москва: Машгиз, 1961. – 432 с. - Текст: непосредственный.

70. Кузнецов Е. С. Исследование эксплуатационной надежности автомобилей / Е. С. Кузнецов. – Москва: Транспорт, 1969. – 152 с. - Текст: непосредственный.

71. Кузнецов Е. С. Методы определения периодичности технического обслуживания и целесообразности проведения принудительного ремонта / Е. С. Кузнецов. - Текст: непосредственный // Автомобильная промышленность. – 1965. – N 6. – С. 10-14.

72. Кузнецов Е. С. Об одной общей задаче технической эксплуатации автомобилей (методика решений профилактической задачи методом Монте-Карло) / Е.С. Кузнецов. - Текст: непосредственный // Повышение

эксплуатационной надежности автомобилей : труды НИИАТ. – Москва, 1976. – Вып. II. – С. 52-60.

73. Кузнецов Е. С. Производственная база автомобильного транспорта: состояние и перспективы / Е. С. Кузнецов, И. П. Курников. – Москва : Транспорт, 1988. – 231 с. - Текст: непосредственный.

74. Кузнецов Е. С. Режимы технического обслуживания автомобилей / Е. С. Кузнецов. – Москва: Автотранспорт, 1963. – 247 с. - Текст: непосредственный.

75. Кузнецов Е. С. Совершенствование методов определения нормативной потребности в запасных частях / Е. С. Кузнецов, А. И. Троицкий. - Текст: непосредственный // Повышение эксплуатационной надежности автомобилей : труды НИИАТ. – Москва, 1979. – Вып. III – С. 106-116.

76. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов [и др.] – 4-е изд., перераб. и дополн. – Москва: Наука, 2001. – 535 с. - Текст: непосредственный.

77. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е. С. Кузнецов, В. П. Воронов, А. П. Болдин. – Москва: Транспорт, 1991. – 3-е изд., перераб. и доп. – 413 с. - Текст: непосредственный.

78. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей в США / Е.С. Кузнецов. – Москва: Транспорт, 1992. – 352 с. - Текст: непосредственный.

79. Кузнецов Е. С. Техническое обслуживание и надежность автомобилей / Е. С. Кузнецов. – Москва: Транспорт, 1972. – 224 с. - Текст: непосредственный.

80. Кузнецов Е. С. Управление техническими системами: учебное пособие / Е. С. Кузнецов. – Москва: МАДИ(ТУ), 1997. – 202 с. - Текст: непосредственный.

81. Кузнецов Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е. С. Кузнецов. – Москва: Транспорт, 1990. – 272 с. - Текст: непосредственный.

82. Курганов В. М. Оценка надежности функционирования экскаваторно-автомобильных комплексов в карьере/ В. М. Курганов, М. В. Грязнов, С. В. Колобанов - Текст: непосредственный // Записки горного института. – 2020. – Т.241. – С.10-21.

83. Курганов В. М., Грязнов М. В. Управление надежностью транспортных систем и процессов автомобильных перевозок: монография. – Магнитогорск: Магнитогорский дом печати, 2013. – 318 с. - Текст: непосредственный.

84. Курганов В. М. Управление эффективностью и надежностью функционирования систем доставок / В. М. Курганов - Текст: непосредственный. // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2009. – № 6. – С. 8-13.

85. Латыпова Э. Р. Регулирование транспортных тарифов в условиях перехода к рынку: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством: автореферат диссертация на соискание степени кандидата экономических наук. – Москва, 1995. – 27 с. - Текст: непосредственный.

86. Лившиц В. И. Системный анализ экономических процессов на транспорте / В. И. Лившиц. - Москва: Транспорт, 1986. – 239 с. - Текст: непосредственный.

87. Лукинский В. С. О зависимостях между параметрами, определяющих ресурс деталей автомобиля / В. С. Лукинский, Е. И. Зайцев. - Текст: непосредственный // Автомобильный транспорт. - 1981. - № 11. – С. 17-19.

88. Нейман Дж. Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонент //Автоматы. Пер. с английского под ред. А.А. Ляпунова. –Москва : ИЛ, 1956. – 708 с. - Текст: непосредственный.

89. Некрасов А.Г. Развитие систем менеджмента безопасности цепей поста-вок /Логистика: современные тенденции развития: материалы IX

Международ. науч.-практ. конф. 15, 16 апреля 2010 г. /ред. кол.: В.С. Лукинский и др. – Санкт-Петербург: СПбГИЭУ, 2010, с. 274-278. - Текст: непосредственный.

90. Макарова, А.Н. Изменение потока отказов машин по наработке / А.Н. Макарова. – Текст: непосредственный // Нефть и газ Западной Сибири: материалы международ. науч.–техн. конф. Том XI. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – С. 143–146.

91. Макарова А. Н. Методика оперативного корректирования нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий эксплуатации автомобилей: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание степени кандидата технических наук / А. Н. Макарова; ОГУ. – Оренбург, 2016. – 208 с. - Текст: непосредственный.

92. Мамыкин В. Эффективность работы автомобилей в зависимости от срока службы / В. Мамыкин, Ю. Быторин, С. Рожков [и др.]. – Текст: непосредственный // Автомобильный транспорт. – 1983. - № 12. - С. 8-9.

93. Матанцева, О. Ю. Реновация подвижного состава: муниципальный лизинг и финансирование обновления / О. Ю. Матанцева, И. В. Спиринов, В. Н. Богумил // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17, № 1(80). – С. 128-140.

94. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 132 с.

95. Монгуш С. Ч. Сравнительный анализ методов определения оптимальных сроков службы автомобиля / С.Ч. Монгуш, Н-Д. К Ховалыг. - Текст: непосредственный // Вестник. Технические и физико-математические науки. – 2014. - №3. – С. 84-90.

96. Паспорт специальности 2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация

производства на транспорте. – Режим доступа:  
[https://vak.minobrnauki.gov.ru/uploader /loader?type=17&name=92259542002&f=14981](https://vak.minobrnauki.gov.ru/uploader/loader?type=17&name=92259542002&f=14981) (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

97. Петухов Р. М. Методика экономической оценки износа и сроков службы машин / Р. М. Петухов. - Москва: Экономика, 1965. – 168 с. - Текст: непосредственный.

98. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. Редакция от 20.09.1984 / Минавтотранс РСФСР. – Москва: Транспорт, 1986. – 73 с. - Текст: непосредственный.

99. Половко А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - 702 с.

100. Прохоров В. Н. Научные основы управления эффективностью эксплуатации городских автобусов : специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : автореферат диссертации доктора технических наук / В. Н. Прохоров; Владимир. гос. ун-т. – Владимир, 2009. – 38с. - Текст: непосредственный.

101. Прудовский Б. Д. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям / Б. Д. Прудовский, В. Б. Ухарский. - Москва: Транспорт, 1990 - 236 с. - Текст: непосредственный.

102. Райншке К. Модели надежности и чувствительности систем / К. Райншке. - Пер. с нем. Под ред. Б.А. Козлова. - Москва: Мир, 1979. -452 с. - Текст: непосредственный.

103. Ременцов А. Н. Определение рационального срока службы автобусов в автотранспортных предприятиях города Душанбе / А. Н. Ременцов, Д. Ш. Тошев, Х. Б. Хусейнов- Текст: непосредственный // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. по материалам 76-й науч.метод. науч. исслед. конф , Москва, 29 января – 03 февраля 2018 года / МАДИ – 2018.– С. 178-185.

104. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность / А. Р. Ржаницын. - Москва: Стройиздат, 1986 г. - 239 с. - Текст: непосредственный.

105. Рихтер К. Ю. Статистические методы в транспортных исследованиях / К. Ю. Рихтер, П. Фишер, Г. Шнейдер. - Москва: Транспорт, 1982. - 374 с. - Текст : непосредственный.

106. Родионов М. Ю. Исследование влияния уровня затрат на надежность и эффективность грузовых автомобилей / Ю. В. Родионов, М. Ю. Обшивалкин, Н. В. Паули. - Текст: непосредственный // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. - № 1. – С 3-11.

107. Российская автотранспортная энциклопедия: т. 3. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств /сост. В. Н. Луканин. – Москва: РООИПЮ, 2000. – 456 с. - Текст: непосредственный.

108. Рыжков А. И. Совершенствование управления качеством технического обслуживания и ремонта автомобилей: специальность 08.00.20 «Экономика стандартизации и управления качеством продукции» : диссертация на соискание степени кандидата технических наук / А. И. Рыжков; Самарский гос. Аэрокосмический ун-т им. Академика С.П. Королева. – Самара, 1998. – 167 с. - Текст : непосредственный.

109. Сачко Н. С. Экономика замены машин и оборудования / Н. С. Сачко, И. М. Бабух. - Москва: Машиностроение, 1974. – 206 с. - Текст: непосредственный.

110. Селиванов А. И. Основы теории старения машин / А.И. Селиванов. – Москва: Машиностроение, 1971. – 408с. - Текст: непосредственный.

111. Сорокин Г. М. Новые критерии повышения долговечности машин / Г. М. Сорокин. - Текст : непосредственный // Вестник машиностроения. – 2008. - № 5. – С 19-23. - Текст: непосредственный.

112. Старов В. Н. Работоспособность технических систем и совершенствование обслуживания автомобилей / В. Н. Старов, И. Г. Амрахов. - Воронеж : Ин-т экономики и права, 2010. - 216 с. - Текст: непосредственный.

113. Суханов Б.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: пособие по курсовому проектированию / Б.Н. Суханов, И.О. Борзых, Ю.Ф. Бедарев. – Москва: Транспорт, 1985. – 224 с. - Текст: непосредственный.

114. Сухов Н. Срок службы автомобиля / Н. Сухов. - Текст: непосредственный // «Автомобильный транспорт». - 1983. - № 9. - С. 9-11. - Текст: непосредственный.

115. Сханова С. Э. Проблемы развития теории надежности цепей поставок / С. Э. Сханова / Логистика: современные тенденции развития: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. 15, 16 апреля 2010 г. /ред. кол.: В.С. Лукинский и др. - СПб.: СПбГИЭУ, 2010, с. 378-381. - Текст: непосредственный.

116. Тайсаев К. К. Методика определения коэффициента сохранения эффективности автобусов: специальность 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта»: диссертация на соискание степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург, 2021. – 151 с. - Текст: непосредственный.

117. Тайсаев К. К. Актуальность определения коэффициента сохранности эффективности автомобиля в современных условиях эксплуатации // Грузовик. - 2020. - № 1. - С. 33–35. - Текст: непосредственный.

118. Тайсаев К. К. Терентьев А. В. Аналитическая модель определения коэффициента сохранения эффективности автобусов // Вестник гражданских инженеров. - 2020. - № 4 (81). - С. 197–202. - Текст: непосредственный.

119. Тайсаев К.К., Терентьев А.В. Алгоритм и программное обеспечение определения коэффициента сохранения эффективности автобусов// Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 3 (70). – С. 3-8. - Текст: непосредственный.

120. Терентьев А. В. Научно-методический подход к многокритериальной оценке срока эксплуатации автомобиля: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание степени доктора технических наук / А. В. Терентьев; С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Санкт-Петербург, 2018. – 303 с. - Текст: непосредственный.

121. Техническое обслуживание и ремонт машин: учебное пособие для с.-х. техникумов ; редактор И. Е. Ульман. – Москва : Агропромиздат, 1990 г. – 399 с. - Текст : непосредственный.

122. Тихомиров Е. Ф. Воспроизводство и амортизация на автомобильном транспорте / Е. Ф. Тихомиров. – Текст : непосредственный // Автотранспортное предприятие. – 2012. - № 9. – С. 26-29.

123. Токарев Т. Г. Рациональные сроки службы автомобилей / Т. Г. Токарев. - Москва: Автотрансиздат, 1962. – 77 с. - Текст : непосредственный.

124. Тошев Д. Ш. Разработка методики определения оптимального срока эксплуатации автобусов в транспортных предприятиях города Душанбе: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание степени кандидата технических наук / И. Х. Хасанов; МАДИ. – Москва, 2019. – 180 с. - Текст : непосредственный.

125. Трегубова И.М. Влияние возраста парка на показатели надежности автобусов / И.М. Трегубова, Н.С. Захаров. – Текст : непосредственный // Эксплуатация технологического транспорта и специальной автомобильной и тракторной техники в отраслях топливно-энергетического комплекса: Межвуз. сб. науч. тр. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1998. – С. 146-149.

126. Трикозюк В. Долговечность автомобилей / В. Трикозюк. - Текст : непосредственный // Автомобильный транспорт. - 1982. - № 6. - С. 6-7.

127. Управление цепями поставок: Справочник издательства Gower/ Под ред. Дж. Гаторны (ред. Р. Огулин, М. Рейнольде); пер. с 5-го англ. изд. - Москва: ИНФРА-М, 2008. - 670 с. - Текст: непосредственный.

128. Устименко В. С. Новая методика расчета периодичности технического обслуживания и капитального ремонта / В.С. Устименко. - Текст: непосредственный // Грузовик. – 1997. – №5. – С. 25-27.

129. Ухарский В. Б. Техническое обслуживание и ремонт автобусов. Управление качеством и эффективность / В. Б. Ухарский. – Москва: Транспорт, 1986. – 207 с. - Текст: непосредственный.

130. Фастовцев Г. Ф. Организация технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей: учебник для автотр. техникумов / Г. Ф. Фастовцев. – Москва: транспорт, 1989. – 240 с. - Текст: непосредственный.

131. Филиппова Н.А. Повышение эффективности доставки грузов для севера России на основе управления рисками / Надежда Анатольевна Филиппова : дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10. – Москва, 2020. – 301 с. – Текст: непосредственный.

132. Филиппова, Н. А. Практическая апробация метода прогнозирования начала и окончания навигации для снижения риска недопоставки грузов северного завоза / Н. А. Филиппова, В. Н. Богумил // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2019. – № 3(58). – С. 88-93.

133. Хабибуллин Р. Г. Предупреждение отказов как основа повышения эксплуатационной надежности автомобилей / Р. Г. Хабибуллин, И. В. Макарова, Э. И. Беляев, Э. М. Мухаметдинов. - Текст: непосредственный // Автомобильная промышленность. – 2013. – № 7. – С. 20-23.

134. Хайман Д. Н. Современная микроэкономика в 2-х томах (Перевод с английского) / Д. Н. Хайман. – Москва: Финансы и статистика, 1992. – 778 с. - Текст : непосредственный.

135. Хасанов И. Х. Обоснование периодичности технического обслуживания передних подвесок переднеприводных автомобилей: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»:

диссертация на соискание степени кандидата технических наук / И. Х. Хасанов; ОГУ. – Оренбург, 2008. – 169 с. - Текст: непосредственный.

136. Чикурина Н. В. Эффективность лизинговых операций: специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством» : автореферат диссертации кандидата экономических наук / Н. В. Чикурина; КГУ. – Казань, 1995. - 21 с. - Текст: непосредственный.

137. Чатыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования / Е.М. Чатыркин. – Москва: Статистика, 1975. – 185 с. - Текст : непосредственный.

138. Шейнин А. М. Методы определения и поддержания надежности автомобилей в эксплуатации / А.М. Шейнин. – Москва: Транспорт, 1968. – 97 с. - Текст: непосредственный.

139. Шкода К. Сроки службы большегрузных автомобилей / К. Шкода, Б. Овденко, Р. Кузнецов. - Текст: непосредственный // Автомобильный транспорт. – 1973. - № 1. – С. 18-24.

140. Шурпатов И. Г. Проблема обеспечения надежности логистических систем/ И. Г. Шурпатов / Логистика: современные тенденции развития: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. 15, 16 апреля 2010 г. /ред. кол.: В.С. Лукинский и др. – Санкт-Петербург: СПбГИЭУ, 2010, с. 455-458. - Текст : непосредственный.

141. Щетина В. А. Снабжение запасными частями на автомобильном транспорте / В. А. Щетина, В. С. Лукинский, В. И. Сергеев. – Москва: Транспорт, 1990. – 122 с. - Текст: непосредственный.

142. Эммус А. А. Выбор экономически обоснованной замены подвижного состава в автотранспортном предприятии: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» : автореферат диссертации кандидата экономических наук / А. А. Эммус; СПБИЭИ. – Санкт-Петербург, 1995. – 18 с. - Текст: непосредственный.

143. Южанин И. Н. Обзор методов определения пробега до списания подвижного состава автомобильного транспорта / И. Н. Южанин. - Текст:

электронный// Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-opredeleniya-probega-dospisaniya-podvizhnogo-sostava-avtomobilnogo-transporta> (дата обращения : 21.07.2020).

144. Litman T. A. Transportation cost analysis summary / T. A. Litman // Victoria. Transport Policy Institute. – 2001. – N 42. – P. 1-14.

145. Ply P. H. The effect of public transport subsidies on demand and supply /P. H. Ply, R. H. Olfield // Transp. Res. – 1986. – Vol. 20 A, № 6. – P. 415-422.

146. Taghipour S. Optimum inspection interval for a system under periodic and opportunistic inspections / S. Taghipour, D. Banjevic // Iie Transactions. – 2012. – Vol. 44. – № 11. – P. 932-948.

147. Toffel Michael W. The Growing Strategic Importance of End-of-life Product Management/ W. Toffel Michael //University of California, Berkeley. U.S., - 2003. - P. 41.

148. Terentyev A.V. Investigation methods for «current repairs labour-intensiveness» factor for a vehicle/ A.V. Terentyev, B. D. Prudovsky // Life Science Journal 2014;11(10s) - P.307-310.

149. Vuchic V. R. Urban Transit: Operations, Planning and Economics / V. R. Vuchic. – New Jersey : John wiley&sons, 2004. – 644 p.

## **ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА, В КОТОРЫХ ИЗЛОЖЕНЫ ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **Публикации в изданиях, входящих в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых опубликованы основные научные результаты диссертаций**

1. Захаров Н. С. Факторы, влияющие на надежность автомобилей самосвалов при работе в условиях западной Сибири / Н. С. Захаров, С. А. Теньковская, А. Акжол Уулу // Транспортное дело России. – 2018. – №4(137). – С. 130-132.

2. Теньковская С. А. Влияние наработки и срока эксплуатации автомобилей на параметр потока отказов / С. А. Теньковская // Транспортное дело России. – 2019. – №2. – С. 165 -166.

3. Захаров Н. С. Повышение надежности функционирования транспортно-технологических систем путем ограничения срока службы автомобилей / Н.С. Захаров, С. А. Теньковская, А. Э. Александров // Транспорт Урала. – 2023. – №2. – С. 54-59.

### **Публикации в других изданиях**

4. Захаров Н. С. Влияние наработки автомобилей нефтегазодобывающего предприятия на расход запасных частей / Н. С. Захаров, С. А. Теньковская, А. Акжол Уулу // Интеллект. Инновации, инвестиции. – 2018. – №7. – С. 84-87.

5. Захаров Н.С. Совершенствование методики формирования потребности в запасных частях для автомобилей при обслуживании объектов нефтедобычи / Н. С. Захаров, С. А. Теньковская, Власов А. В. // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019 - №2. – С. 32-40.

6. Теньковская С. А. Повышение эффективности управления материальными запасами автотранспортного предприятия в условиях

крайнего севера и Сибири / С. А. Теньковская, А. В. Власов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2020 – №2. – С. 61-69.

7. Захаров Н. С. Влияние наработки и возраста на поток отказов автомобилей/ Н. С. Захаров, **С. А. Теньковская** // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 2. – С. 120–128.

8. **Теньковская С. А.** Методы определения оптимального срока службы автомобилей / С. А. Теньковская // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (с международным участием). – Тюмень: ТИУ, 2016. – С 352-354.

9. **Теньковская С. А.** Automobile rational service life determination / Теньковская С. А. // Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы международной научно-практической конференции / Т. 6. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 392-393.

10. **Теньковская С. А.** Влияние возрастной структуры на эффективность использования транспорта/ Теньковская С. А., Власов А. В. // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С. 73-74.

11. **Теньковская С. А.** Методы определения рационального срока службы подвижного состава автомобильного транспорта/ Теньковская С. А., Власов А. В. // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (22–23 декабря 2017 г.) : в 2 т. /отв. ред. А. В. Медведев. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С. 75-77.

12. **Теньковская С. А.** Влияние наработки автомобилей нефтегазодобывающего предприятия на параметр потока отказов/ С. А. Теньковская // Наземные транспортно-технологические средства:

проектирование, производство, эксплуатация: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. – Чита : ЗабГУ, 2018. – С. 248-251.

13. **Теньковская С. А.** Влияние наработки с начала эксплуатации и возраста автомобилей УТТ НГДП на параметр потока отказов / С. А. Теньковская, А. В. Власов // Механики XXI века: материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Братск: Изд-во БрГУ, 2019. – С. 277-279.

14. **Теньковская С. А.** Влияние наработки с начала эксплуатации и возраста автомобилей на параметр потока отказов/ С. А. Теньковская // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции (18 апреля 2019 года) / отв. ред. Н. С. Захаров. – Тюмень : ТИУ, 2019. – С. 321-323.

15. **Теньковская С. А.** Рационализация методики формирования потребности в запасных частях для автомобилей при обслуживании объектов нефтегазодобычи / С. А. Теньковская, А. В. Власов // Автомобиле- и тракторостроение: материалы Международной научно-практической конференции. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 3-6.

16. **Теньковская С. А.** Совершенствование методики формирования резерва запасных частей/ С. А. Теньковская, А. В. Власов // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием. Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Ответственный редактор В.В. Пленкина , 2019. - С. 47-51.

17. **Теньковская С. А.** Идентификация исследуемой системы при оптимизации срока службы автомобилей / С. А. Теньковская // Проблемы функционирования систем транспорта. материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, В 2-х томах. Тюмень, 2020. - С. 372-374.

18. **Теньковская С. А.** Совершенствование методики определения рационального срока службы автомобилей / С. А. Теньковская //

Прогрессивные технологии в транспортных системах : материалы XVII международной научно-практической конференции, 17-18 ноября 2022 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2022. – С. 547-553.

**Распределение фактического возраста автомобилей, находящихся в эксплуатации**

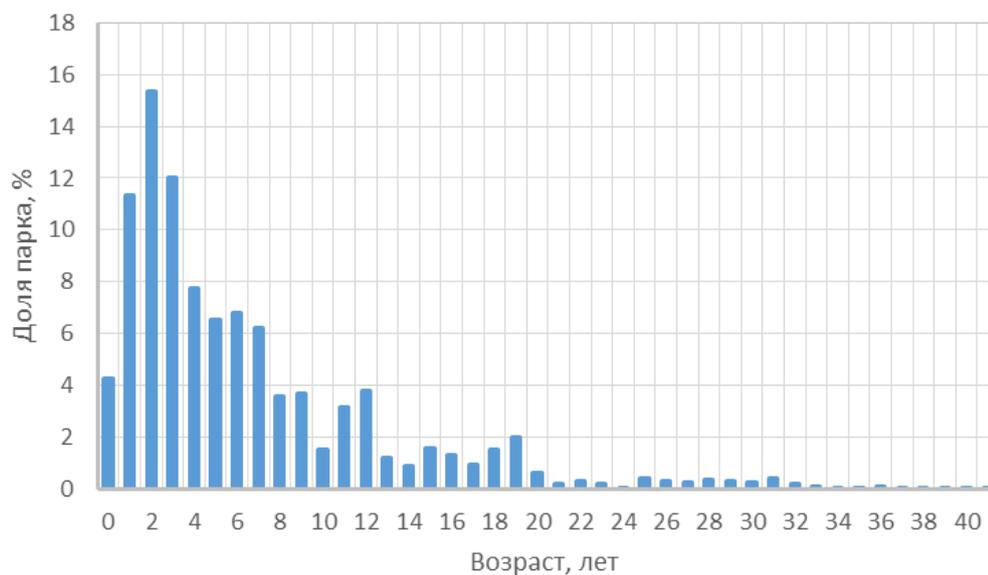


Рисунок П1.1 – Эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по автомобилям всех типов)

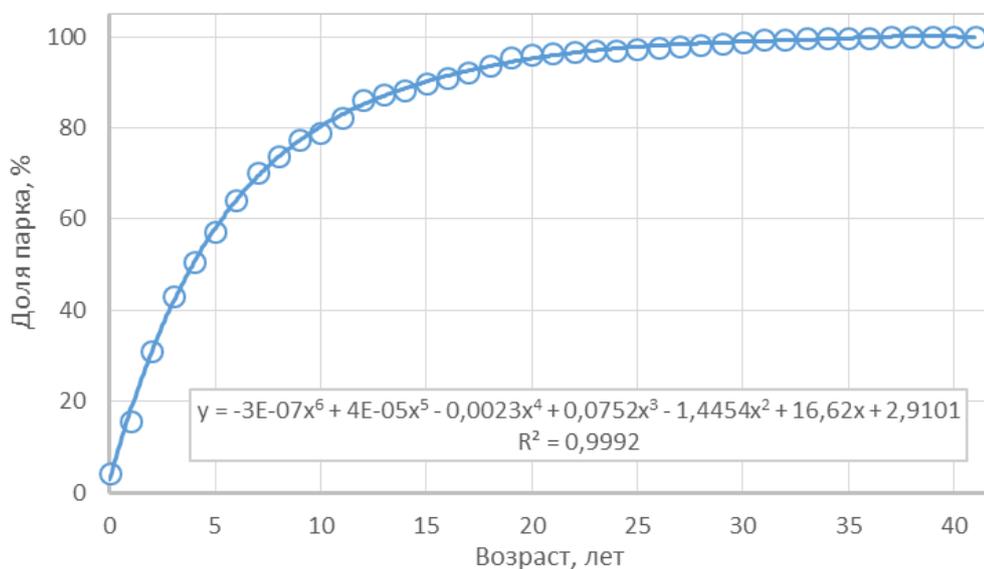


Рисунок П1.2 – Интегральное эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по автомобилям всех типов)

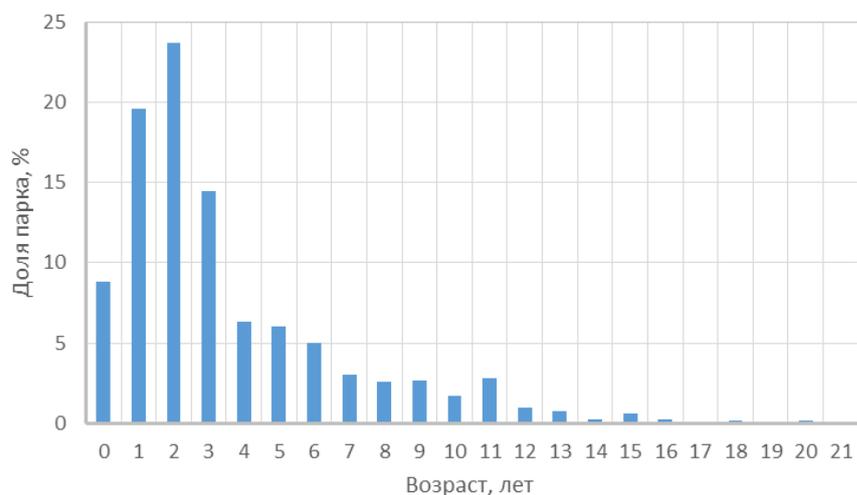


Рисунок П1.3 – Эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по легковым автомобилям)

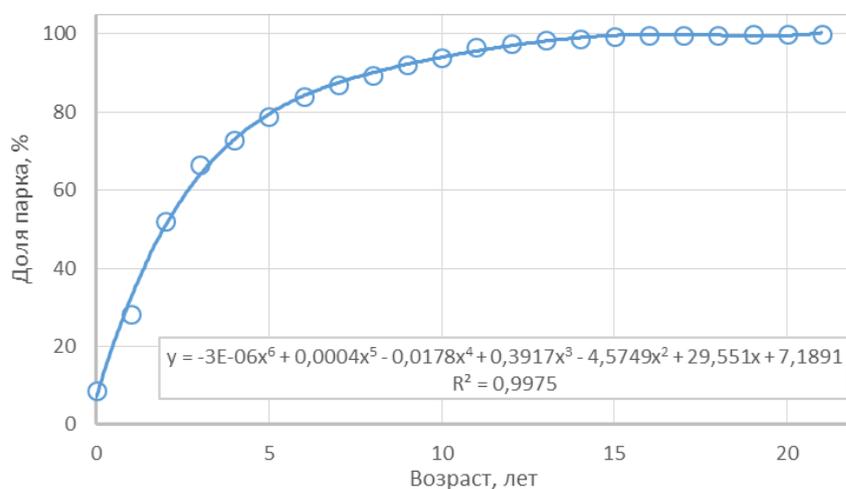


Рисунок П1.4 – Интегральное эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по легковым автомобилям)

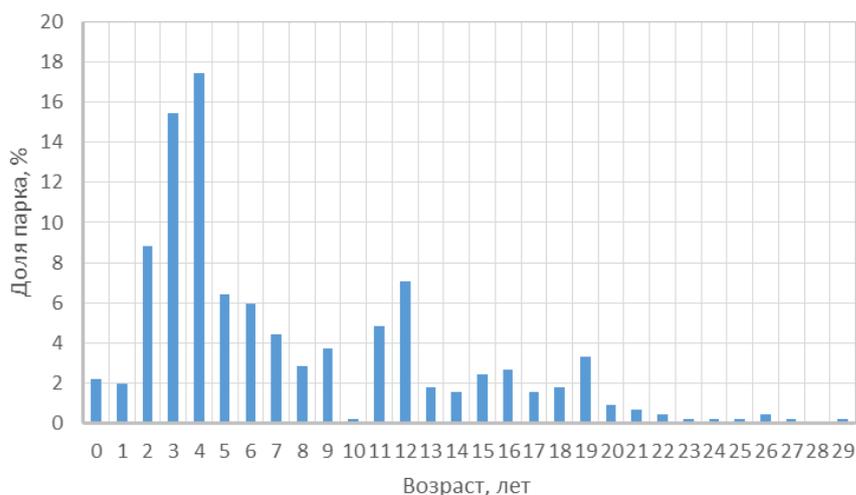


Рисунок П1.5 – Эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по автобусам)

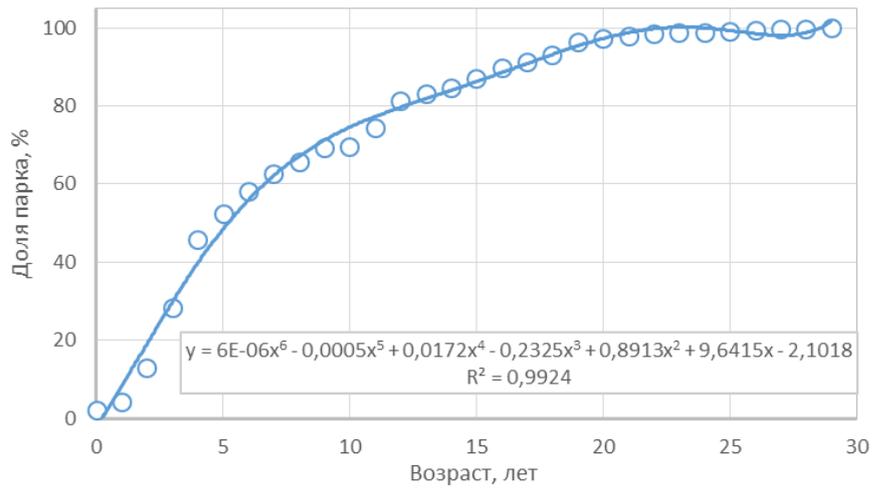


Рисунок П1.6 – Интегральное эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по автобусам)

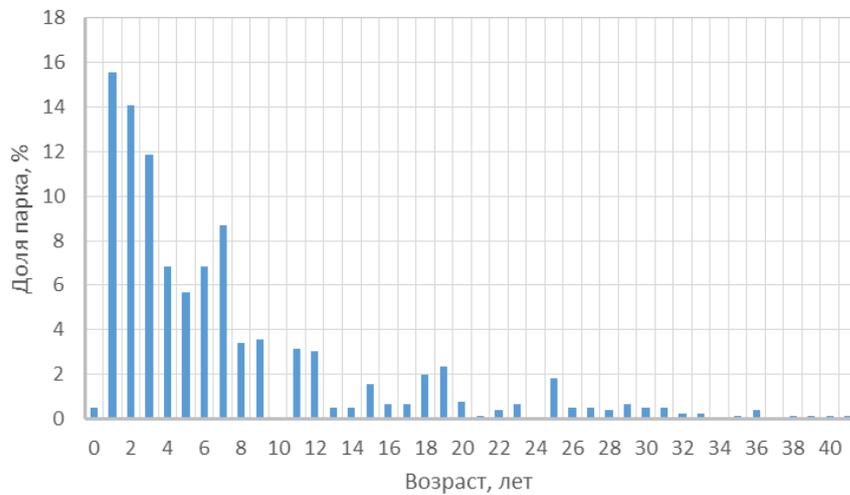


Рисунок П1.7 – Эмпирические распределение возраста автомобилей (выборка по грузовым автомобилям)

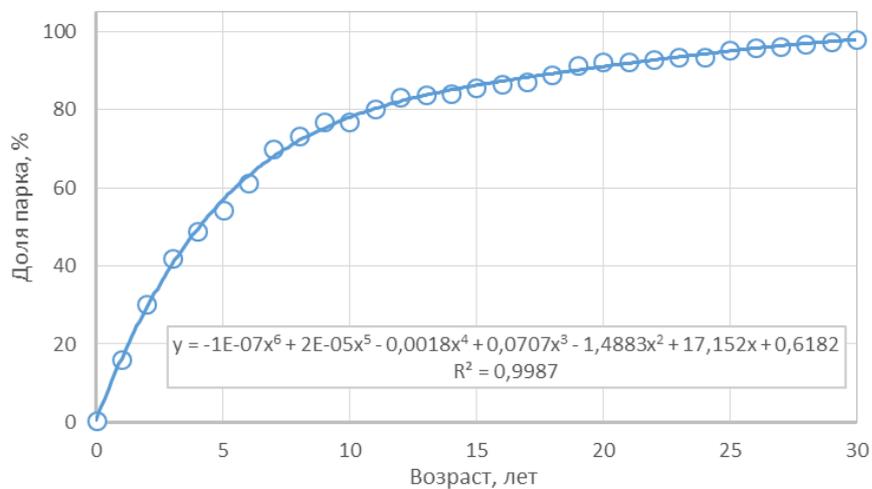


Рисунок П1.8 – Интегральное эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по грузовым автомобилям)

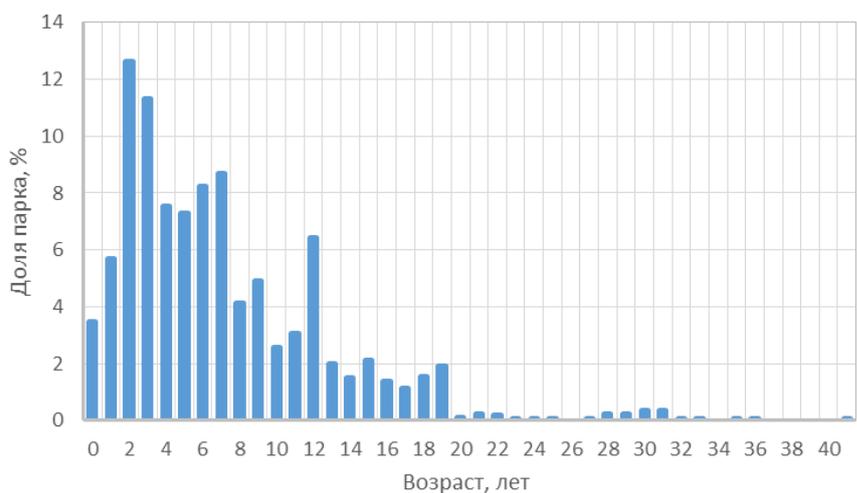


Рисунок П1.9 – Эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по технологическим автомобилям)

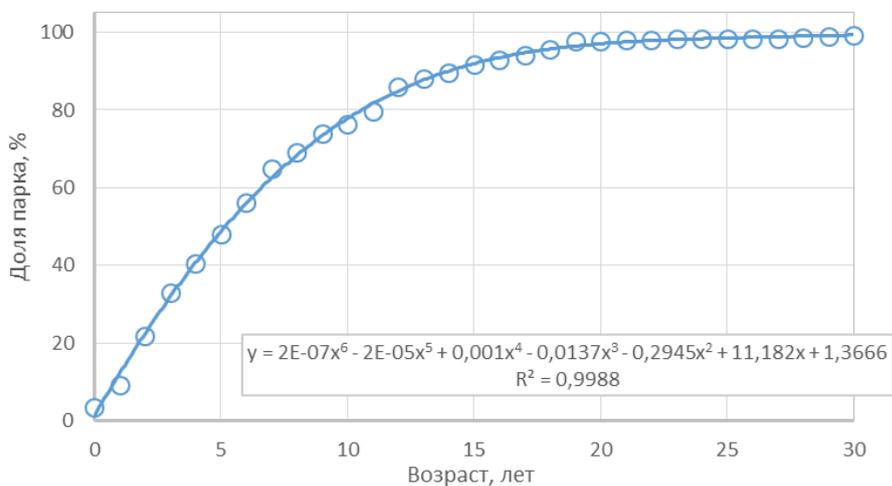


Рисунок П1.10 – Интегральное эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по технологическим автомобилям)

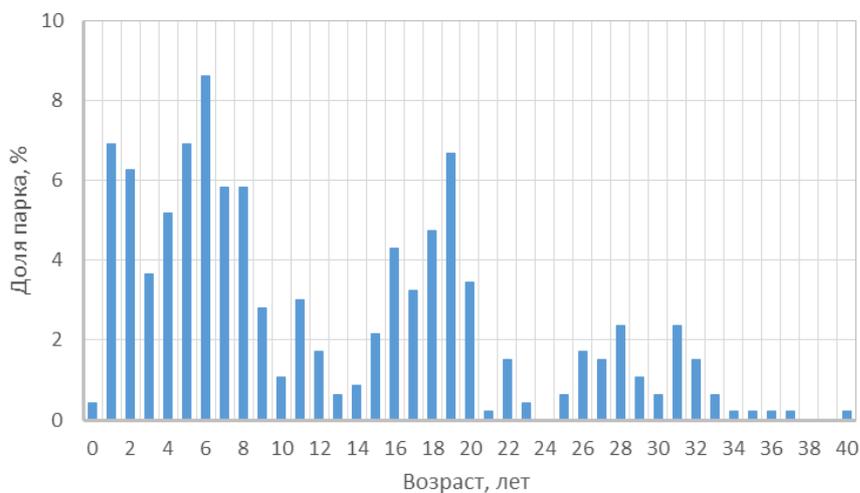


Рисунок П1.11 – Эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по прочим автомобилям)

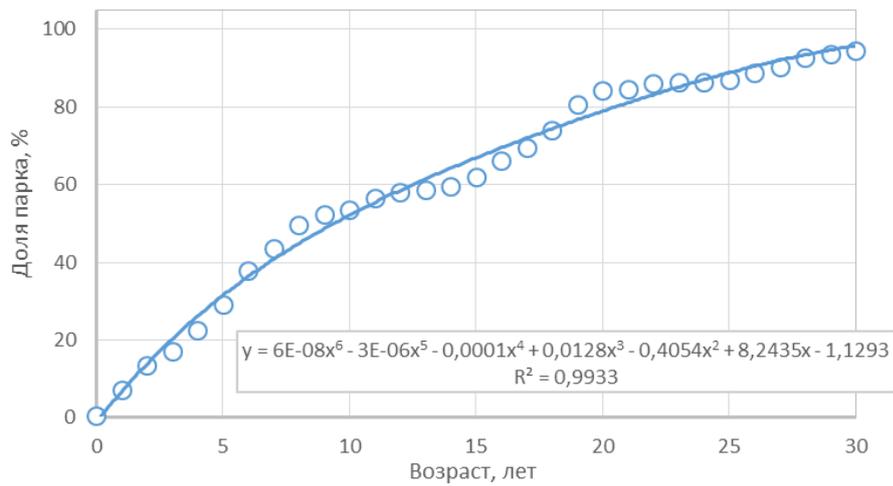


Рисунок П1.12 – Интегральное эмпирическое распределение возраста автомобилей (выборка по прочим автомобилям)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П2.1

### АВС-анализ состава парка автомобилей

Марка и модель автомобиля	п, ед.	п, %	Доля спроса, %	Номер по убыванию доли спроса	Доля номенклатуры, %
1	2	3	4	5	6
Шевроле Нива 212300	1 997	15,290	15,290	1	0,826
КАМАЗ-43118	1 481	11,339	26,629	2	1,653
УАЗ-23632 (ПИКАП)	1 232	9,433	36,062	3	2,479
Урал 4320	1 033	7,909	43,971	4	3,306
УАЗ 39094	1 027	7,863	51,834	5	4,132
КАМАЗ-65225	570	4,364	56,198	6	4,959
УАЗ 3163	374	2,863	59,061	7	5,785
ПАЗ-32053	303	2,320	61,381	8	6,612
ГАЗ-3308	236	1,807	63,188	9	7,438
КАМАЗ 44108-10	207	1,585	64,773	12	9,917
УРАЛ 5557	189	1,447	66,220	13	10,744
ТАТРА-815	186	1,424	67,644	14	11,570
Тойота LC-150 Прадо	179	1,370	69,015	15	12,397
Тойота HILUX	167	1,279	70,293	16	13,223
Тойота RAV-4	162	1,240	71,534	18	14,876
КАМАЗ-53504	153	1,171	72,705	19	15,702
ГАЗ-32217	142	1,087	73,792	20	16,529
УРАЛ 44202	141	1,080	74,872	21	17,355
ГАЗ-231073	138	1,057	75,928	22	18,182
НЕФАЗ 5299	127	0,972	76,901	24	19,835
Renault Duster	122	0,934	77,835	26	21,488
КАМАЗ - 43114	118	0,903	78,738	27	22,314
КАМАЗ-4208	118	0,903	79,642	28	23,140
Mitsubishi L200	113	0,865	80,507	29	23,967
Тойота LC-200	110	0,842	81,349	30	24,793
ВАЗ-21310	103	0,789	82,138	31	25,620

1	2	3	4	5	6
Урал 3255	98	0,750	82,888	32	26,446
ГАЗ-3897	94	0,720	83,608	33	27,273
ВАЗ-2329	91	0,697	84,304	34	28,099
ГАЗ-27527	90	0,689	84,993	35	28,926
Мерседес-спринтер	90	0,689	85,683	36	29,752
Тойота-Камри	82	0,628	86,310	38	31,405
КАМАЗ-53228	80	0,613	86,923	39	32,231
УАЗ-2206	70	0,536	87,459	40	33,058
КАМАЗ 65111	64	0,490	87,949	41	33,884
МАЗ-6517	61	0,467	88,416	42	34,711
КАМАЗ-42111-24 (НЕФАЗ)	60	0,459	88,875	43	35,537
Toyota HIACE	54	0,413	89,289	44	36,364
ВАЗ-21214	51	0,390	89,679	45	37,190
ПАЗ-3204	50	0,383	90,062	46	38,017
КС-45717	47	0,360	90,422	47	38,843
КАМАЗ 45141	45	0,345	90,766	48	39,669
ГАЗ-27057	43	0,329	91,096	51	42,149
FORD TRANSIT	42	0,322	91,417	52	42,975
КАВЗ-4235	41	0,314	91,731	53	43,802
КРАЗ-65101	37	0,283	92,014	55	45,455
Буран АД	36	0,276	92,290	56	46,281
КАМАЗ 4326	36	0,276	92,566	57	47,107
КАМАЗ-658613	34	0,260	92,826	58	47,934
КАМАЗКС 55723	33	0,253	93,079	59	48,760
ГАЗ-3302	33	0,253	93,331	60	49,587
КАВЗ-423800	31	0,237	93,569	61	50,413
ГАЗ-34039	31	0,237	93,806	62	51,240
КАМАЗ 53228	28	0,214	94,020	64	52,893
КАРОСА-С934Е	28	0,214	94,235	65	53,719
HYUNDAI RX-110-7	27	0,207	94,441	66	54,545
МАЗ-65313Н	27	0,207	94,648	67	55,372
КРАЗ-6443	25	0,191	94,840	68	56,198
Краз 63221	24	0,184	95,023	69	57,025
LEXUS-LX 570	23	0,176	95,199	70	57,851
Volkswagen Multivan	23	0,176	95,376	71	58,678
КАМАЗ 780541	23	0,176	95,552	73	60,331
ЗиЛ-131	22	0,168	95,720	74	61,157

1	2	3	4	5	6
ПАЗ-4234	22	0,168	95,889	75	61,983
УРАЛ-5941 (ППУА)	22	0,168	96,057	76	62,810
Ивеко АМТ 653901	20	0,153	96,210	78	64,463
Volvo FH 4x2	19	0,145	96,356	79	65,289
MAN TGS 33.480 6/6	18	0,138	96,493	81	66,942
Mercedes-Benz E- класс	17	0,130	96,624	82	67,769
КАВЗ-39763	17	0,130	96,754	83	68,595
Chevrolet Каптива	17	0,130	96,884	84	69,421
КРАЗ-250	17	0,130	97,014	85	70,248
МАЗ-6425	17	0,130	97,144	86	71,074
Хундай Универсал	17	0,130	97,274	87	71,901
HIGER KLQ 6885Q	16	0,123	97,397	89	73,554
ГАЗ-3034	16	0,123	97,519	90	74,380
DOOSAN DX225LCA	16	0,123	97,642	91	75,207
ГАЗ-22177	15	0,115	97,757	94	77,686
КАРОСА-С954.1360	15	0,115	97,872	95	78,512
Газ 34039	14	0,107	97,979	96	79,339
ПАЗ-4230	14	0,107	98,086	97	80,165
ГАЗ-34039-32	14	0,107	98,193	98	80,992
Тойота Highlander	14	0,107	98,300	99	81,818
ГАЗ-3307	13	0,100	98,400	100	82,645
Хендай Солярис	13	0,100	98,499	101	83,471
УАЗ 31514 (Hunter)	12	0,092	98,591	102	84,298
ГАЗ-3309	12	0,092	98,683	103	85,124
КАМАЗ-4310	12	0,092	98,775	104	85,950
АВТОБУС (ОТ 45 МЕСТ, М3, КЛ.III)	12	0,092	98,867	105	86,777
Рено Логан	12	0,092	98,959	107	88,430
Volvo EC-140 B	12	0,092	99,051	108	89,256
Газ 3897	12	0,092	99,142	109	90,083
NISSAN TERRANO	11	0,084	99,227	110	90,909
DOOSAN-R-EX4	11	0,084	99,311	111	91,736
ГАЗ 22177	10	0,077	99,387	112	92,562
НЕФАЗ-66062-46	10	0,077	99,464	113	93,388
МЕРСЕДЕС-БЕНЦ АКТРОС334	10	0,077	99,541	114	94,215

1	2	3	4	5	6
HYUNDAI R210LC-7	10	0,077	99,617	115	95,041
SCANIA P440	10	0,077	99,694	117	96,694
Волжанин-5270	10	0,077	99,770	118	97,521
ГАЗ-3325	10	0,077	99,847	119	98,347
Форд Транзит	10	0,077	99,923	120	99,174
HIGER-KLQ6885Q	10	0,077	100,00	121	100,000
ВСЕГО	13 061	100,00			



Рисунок П2.1 – ABC-анализ состава парка автомобилей

**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

Таблица ПЗ.1

Распределение отказов по системам автомобилей

Марка и модель автомобилей	Количество отказов по системам, %								
	Тормозная система	Рулевое управление	Ходовая часть	Прочие	Шины	ВО	ВСЕГО	Ходовая часть и шины	Всего по системам, влияющим на БД
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КАМАЗ-43118	4,58	5,23	12,89	56,59	5,75	14,96	100,00	18,64	28,45
УРАЛ 4320	8,51	8,49	13,90	45,95	4,36	18,79	100,00	18,26	35,26
Chevrolet NIVA	3,48	15,89	13,57	51,28	1,74	14,04	100,00	15,31	34,69
УАЗ-3909	4,54	8,73	14,27	63,73	2,54	6,19	100,00	16,81	30,08
Т-170	0,25	0,64	30,68	64,33	1,28	2,82	100,00	31,97	32,86
КАМАЗ-5320	6,81	15,36	17,63	43,98	2,09	14,14	100,00	19,72	41,88
КАМАЗ-65225	4,28	2,43	11,05	76,63	4,99	0,62	100,00	16,04	22,75
ГАЗ-3308	6,31	17,95	6,56	50,82	4,04	14,33	100,00	10,59	34,85
УРАЛ 5557	10,30	7,02	13,65	52,34	2,96	13,73	100,00	16,61	33,93
КАМАЗ-65115	6,74	7,04	15,90	56,34	5,43	8,55	100,00	21,33	35,11
TOYOTA LAND CRUISER 200	7,14	20,71	2,86	49,29	2,86	17,14	100,00	5,71	33,57
КАМАЗ-44108	4,36	3,55	9,61	76,89	4,14	1,44	100,00	13,75	21,66
ПАЗ-3205	10,84	4,64	12,61	61,96	9,00	0,95	100,00	21,61	37,08
TATRA-815	4,43	4,53	20,62	42,96	10,87	16,60	100,00	31,49	40,44
УРАЛ 44202	8,83	10,43	16,17	50,00	3,10	11,47	100,00	19,27	38,53
КАМАЗ-43114	6,87	5,03	15,45	62,23	5,27	5,15	100,00	20,72	32,62

Продолжение табл. П.3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КАМАЗ-5350	8,39	3,88	17,91	54,30	12,69	2,82	100,00	30,61	42,88
КАМАЗ-55111	8,02	14,37	12,11	50,48	2,26	12,77	100,00	14,37	36,76
КРАЗ-63221	0,75	6,02	16,54	51,13	6,02	19,55	100,00	22,56	29,32
КАМАЗ-54115	9,90	10,04	14,99	51,63	4,67	8,77	100,00	19,66	39,60
НЕФАЗ-5299	10,35	11,57	6,17	60,08	1,65	10,17	100,00	7,82	29,74
КАМАЗ-53228	4,33	3,67	15,13	51,42	7,71	17,73	100,00	22,85	30,85
ГАЗ-3302	4,23	17,22	6,34	54,98	0,30	16,92	100,00	6,65	28,10
ГАЗ-3307	3,17	15,08	3,97	54,76	1,59	21,43	100,00	5,56	23,81
ЗИЛ-131	5,60	9,70	14,18	46,64	5,60	18,28	100,00	19,78	35,07
Урал 3255	10,74	5,70	14,85	60,88	7,69	0,13	100,00	22,55	38,99
НЕФАЗ-6606	7,47	4,22	12,66	65,26	7,14	3,25	100,00	19,81	31,49
НЕФАЗ-4208	6,17	6,86	14,58	65,87	4,12	2,40	100,00	18,70	31,73
ЗИЛ-433362	5,59	11,19	2,80	62,24	1,40	16,78	100,00	4,20	20,98
КРАЗ-255	2,86	14,29	14,29	42,86	11,43	14,29	100,00	25,71	42,86
ГАЗ-2705	2,29	25,78	4,16	42,20	0,42	25,16	100,00	4,57	32,64
КАМАЗ-53215	1,21	23,39	7,26	42,34	2,42	23,39	100,00	9,68	34,27
УАЗ-2206	5,62	7,62	11,53	66,50	3,31	5,42	100,00	14,84	28,08
ЗИЛ-4314	3,16	19,62	6,01	55,70	1,27	14,24	100,00	7,28	30,06
КАМАЗ-65111	7,02	9,36	19,01	49,12	3,22	12,28	100,00	22,22	38,60
УЗСТ 6619Н-16	2,41	6,02	34,94	49,40	1,20	6,02	100,00	36,14	44,58
ПАЗ-3204	10,82	4,34	12,88	61,96	9,12	0,88	100,00	22,00	37,16
КАМАЗ-4326	9,70	8,81	16,73	54,00	7,47	3,29	100,00	24,20	42,70
МАЗ-6422	11,35	9,57	8,51	53,90	9,57	7,09	100,00	18,09	39,01

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица П4.1

### Распределение отказов автомобилей КАМАЗ-43118 по наработке и возрасту

Возраст, лет	Количество отказов при наработке, тыс. км								
	0 ... 50	>50 ... 100	>100 ... 150	>150 ... 200	>200 ... 250	>250 ... 300	>300 ... 350	>350 ... 400	>400 ... 450
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 ... 2	855	42	4	0	0	0	0	0	0
>2 ... 4	1545	1129	263	39	23	9	0	0	0
>4 ... 6	243	418	483	288	397	247	86	17	8
>6 ... 8	1814	528	320	248	261	306	214	60	31
>8 ... 10	501	113	52	150	208	86	131	115	111
>10 ... 12	833	457	316	131	149	114	51	27	60
>12 ... 14	631	219	237	56	140	114	126	35	53
>14 ... 16	69	6	9	25	41	0	29	37	0
>16 ... 18	86	10	17	0	0	33	10	35	12
>18 ... 20	0	0	0	0	0	0	1	51	4
>20 ... 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>22 ... 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>24 ... 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>26 ... 28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>28 ... 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>30 ... 32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>32 ... 34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>34 ... 36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>36 ... 38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>38 ... 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>40 ... 42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>42 ... 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>44 ... 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. П4.1

Возраст, лет	Количество отказов при наработке, тыс. км								
	>450 ... 500	>500 ... 550	>550 ... 600	>600 ... 650	>650 ... 700	>700 ... 750	>750 ... 800	>800 ... 850	>850 ... 900
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0 ... 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>2 ... 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>4 ... 6	3	0	0	0	0	0	0	2	0
>6 ... 8	10	0	17	7	2	0	0	0	0
>8 ... 10	70	42	22	19	0	14	18	5	6

Продолжение табл. П4.1

1	11	12	13	14	15	16	17	18	19
>10 ... 12	45	56	75	78	35	10	16	12	0
>12 ... 14	49	50	25	29	22	11	0	6	21
>14 ... 16	24	56	32	5	10	13	0	0	1
>16 ... 18	37	17	46	14	38	6	1	0	9
>18 ... 20	21	7	10	10	19	10	1	0	0
>20 ... 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>22 ... 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>24 ... 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>26 ... 28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>28 ... 30	0	2	0	0	0	0	0	0	0
>30 ... 32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>32 ... 34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>34 ... 36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>36 ... 38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>38 ... 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>40 ... 42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>42 ... 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>44 ... 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. П4.1

Возраст, лет	Количество отказов при наработке, тыс. км						
	>900 ... 950	>950 ... 1000	>1000 ... 1050	>1050 ... 1100	>1100 ... 1150	>1150 ... 1200	>1200 ... 1250
1	20	21	22	23	24	25	26
0 ... 2	0	0	0	0	0	0	0
>2 ... 4	0	0	0	0	0	0	0
>4 ... 6	0	0	0	0	0	0	0
>6 ... 8	0	0	0	0	0	0	0
>8 ... 10	15	0	0	0	0	0	0
>10 ... 12	0	0	0	0	0	0	0
>12 ... 14	12	1	0	13	4	0	0
>14 ... 16	25	7	0	0	0	0	0
>16 ... 18	34	0	0	0	0	0	0
>18 ... 20	36	9	0	0	0	0	0
>20 ... 22	0	0	0	0	0	0	0
>22 ... 24	0	0	0	0	0	0	0
>24 ... 26	0	0	0	0	0	0	0
>26 ... 28	0	0	0	0	0	0	0
>28 ... 30	0	0	0	0	0	0	0
>30 ... 32	0	0	0	0	0	0	0
>32 ... 34	0	0	0	0	0	0	0
>34 ... 36	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. П4.1

1	20	21	22	23	24	25	26
>36 ... 38	0	0	0	0	0	0	0
>38 ... 40	0	0	0	0	0	0	0
>40 ... 42	0	0	0	0	0	0	0
>42 ... 44	0	0	0	0	0	0	0
>44 ... 46	0	0	0	0	0	0	0
Всего	16 891						

Таблица П4.2

Распределение отказов автомобилей Урал-4320  
по наработке и возрасту

Возраст, лет	Количество отказов при наработке, тыс. км								
	0 ... 50	>50 ... 100	>100 ... 150	>150 ... 200	>200 ... 250	>250 ... 300	>300 ... 350	>350 ... 400	>400 ... 450
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 ... 2	594	30	0	0	0	0	0	0	0
>2 ... 4	528	33	5	0	0	0	0	0	0
>4 ... 6	434	62	120	40	81	20	1	0	0
>6 ... 8	251	25	100	148	201	200	50	35	5
>8 ... 10	82	56	54	121	126	123	127	15	13
>10 ... 12	65	0	12	0	24	19	39	29	16
>12 ... 14	104	77	32	76	126	49	70	51	64
>14 ... 16	304	60	6	42	134	118	14	38	26
>16 ... 18	215	39	42	11	35	32	72	71	30
>18 ... 20	222	8	18	24	25	63	35	107	92
>20 ... 22	42	2	0	14	0	0	15	75	33
>22 ... 24	1	0	2	0	0	12	3	47	4
>24 ... 26	3	0	0	0	0	0	8	38	14
>26 ... 28	0	0	0	0	0	0	12	2	2
>28 ... 30	8	0	0	2	5	1	7	9	4
>30 ... 32	45	0	0	0	0	0	9	16	0
>32 ... 34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>34 ... 36	0	0	0	0	0	0	0	0	4
>36 ... 38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>38 ... 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>40 ... 42	11	0	0	0	0	0	0	0	0
>42 ... 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>44 ... 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. П4.2

Возраст, лет	Количество отказов при наработке, тыс. км								
	>450 ... 500	>500 ... 550	>550 ... 600	>600 ... 650	>650 ... 700	>700 ... 750	>750 ... 800	>800 ... 850	>850 ... 900
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0 ... 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>2 ... 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>4 ... 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>6 ... 8	0	0	1	0	0	0	0	0	0
>8 ... 10	0	0	0	7	36	4	0	0	0
>10 ... 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>12 ... 14	23	17	0	0	0	0	0	0	0
>14 ... 16	14	13	5	0	0	0	0	0	0
>16 ... 18	46	106	1	9	0	16	12	0	0
>18 ... 20	94	74	79	50	4	3	28	13	22
>20 ... 22	7	24	38	15	13	11	0	3	0
>22 ... 24	13	77	8	10	0	0	1	5	12
>24 ... 26	71	30	17	0	25	14	11	0	28
>26 ... 28	25	8	1	0	7	21	21	0	4
>28 ... 30	0	20	4	5	22	0	12	25	3
>30 ... 32	0	13	24	0	10	29	2	31	0
>32 ... 34	0	0	4	0	0	0	0	0	0
>34 ... 36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>36 ... 38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>38 ... 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>40 ... 42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>42 ... 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>44 ... 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. П4.2

Возраст, лет	Количество отказов при наработке, тыс. км						
	>900 ... 950	>950 ... 1000	>1000 ... 1050	>1050 ... 1100	>1100 ... 1150	>1150 ... 1200	>1200 ... 1250
1	20	21	22	23	24	25	26
0 ... 2	0	0	0	0	0	0	0
>2 ... 4	0	0	0	0	0	0	0
>4 ... 6	0	0	0	0	0	0	0
>6 ... 8	0	0	0	0	0	0	0
>8 ... 10	0	0	0	0	0	0	0
>10 ... 12	0	7	1	0	0	0	0
>12 ... 14	0	0	6	0	0	0	0
>14 ... 16	0	0	0	0	0	0	0

## Продолжение табл. П4.2

1	20	21	22	23	24	25	26
>16 ... 18	0	0	0	0	0	0	0
>18 ... 20	0	0	0	0	0	0	0
>20 ... 22	0	0	0	0	0	0	0
>22 ... 24	7	0	8	0	0	0	7
>24 ... 26	13	13	10	2	0	0	13
>26 ... 28	10	2	22	2	2	0	10
>28 ... 30	1	9	0	0	0	0	1
>30 ... 32	6	14	6	0	0	0	6
>32 ... 34	0	0	0	0	0	0	0
>34 ... 36	0	0	0	0	0	0	0
>36 ... 38	0	0	0	0	0	0	0
>38 ... 40	0	0	0	0	0	0	0
>40 ... 42	0	0	0	0	0	0	0
>42 ... 44	0	0	0	0	0	0	0
>44 ... 46	0	0	0	0	0	0	0
Всего	8 651						

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Численные значения параметров математических моделей влияния интенсивности эксплуатации на предельный срок службы автомобилей по критерию надежности обслуживания

Таблица П5.1

<b>Автомобили универсальные и специализированные</b>			
Класс автомобиля	Размерность автомобиля	Параметры модели $T=a_0 - a_1 \ln(t)$	
		$a_0$	$a_1$
1	2	3	4
Бортовые	Грузоподъемность до 3,5 т	17,00	2,05
	Грузоподъемность от 3,5 до 10 т	18,90	2,34
	Грузоподъемность более 10,1 т	29,00	3,20
Фургоны на грузовом шасси	Грузоподъемность до 3,5 т	15,00	1,60
	Грузоподъемность от 3,5 до 10 т	17,00	1,70
	Грузоподъемность более 10,1 т	30,00	3,77
Самосвалы	Грузоподъемность до 10 т	16,00	1,80
	Грузоподъемность более 10,1 т	26,00	3,40
Седелные тягачи	Нагрузка на седельно-цепное устройство до 10 т	19,00	2,01
	Нагрузка на седельно-цепное устройство от 10,1 до 18 т	29,00	3,90
	Нагрузка на седельно-цепное устройство более 18,1 т	28,00	3,20
Автобетономесители		27,00	2,90
Автобусы	Автобус общего пользования		
	Кол-во посадочных мест до 20 чел.	15,70	1,69
	Кол-во посадочных мест от 21 до 40 чел.	17,80	1,86
	Кол-во посадочных мест более 41 чел.	19,10	2,03
Автобусы вахтовые на грузовом шасси	Кол-во посадочных мест до 20 чел.	16,00	1,82
	Кол-во посадочных мест от 21 до 30 чел.	18,00	1,73
	Кол-во посадочных мест более 31 чел.	19,00	1,83
Легковые автомобили	Легковой класс А (до 3,6 м)	14,90	1,63
	Легковой класс В (3,6 – 3,9 м)	14,40	1,63
	Легковой класс С (3,9 – 4,4 м)	15,10	1,63
	Легковой класс D (4,4 – 4,8 м)	15,00	1,63

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4
	Легковой класс E (4,8 – 5,0 м)	15,70	1,61
	Легковой класс F (более 5,0 м)	16,80	1,58
	Легковой класс J (Sport Utility Vehicle)	15,80	1,63
	Легковой класс M (Multi-Purpose Vehicle)	16,30	1,63
	Легковой класс S (Sport Coupes)	16,30	1,63
	Пикап	17,00	1,63
	Фургон	14,80	1,63
Автомобили пожарные и МЧС	Основной	14,00	1,63
	Специальный	14,00	1,63
	Вспомогательный	14,00	1,65
Буксируемые транспортные средства	Прицепы	25,00	2,60
	Полуприцепы	28,00	2,30
Пожарные автоцистерны	Легкие, емкость менее 2000 литров	14,00	1,61
	Средние, емкость от 2000 до 4000 литров	17,00	1,63
	Тяжелые, емкость от свыше 4000 литров	31,00	3,61
Пожарные автонасосы	Легкие, емкость менее 2000 литров	17,00	2,10
	Средние, емкость от 2000 до 4000 литров	19,00	2,20
	Тяжелые, емкость от свыше 4000 литров	27,00	3,60
Пожарные автомобили первой помощи		14,00	1,63
Установки пенного тушения:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10
Установки порошкового тушения:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10
Установки газового тушения:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10
Автомобили газо-водяного тушения:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10
Установки комбинированного тушения:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4
Коммунальные вакуумные:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10
Каналопромывочные:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10
Уборочные:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10
Коммунальные комбинированные:	полной массой до 3,5	15,00	1,60
	полной массой более 3,5 ... 12 т	17,00	1,70
	полной массой более 12 т	26,00	3,10
<b>Специальные автомобили</b>			
Класс автомобиля	Размерность автомобиля	Параметры модели $T = a_0 l^{-a_1}$	
		$a_0$	$a_1$
Агрегаты депарафинизации	Производительность 12 м <sup>3</sup> /ч	35,90	0,26
	Производительность 16 м <sup>3</sup> /ч	36,40	0,24
Агрегаты кислотной обработки	Максимальное рабочее давление до 10 МПа	35,90	0,26
	Максимальное рабочее давление более 10,1 МПа	36,10	0,25
Агрегаты обслуживания и/или ремонта	Агрегат обслуживания и/или ремонта	38,10	0,26
	Агрегат подъемный для ремонта скважин	37,80	0,26
Агрегаты с насосной установкой	Максимальное давление насоса до 40 МПа	36,00	0,25
	Максимальное давление насоса более 40,1 МПа	36,00	0,26
Агрегаты сбора конденсата и нефти	Вместимость цистерны до 5 м <sup>3</sup>	36,00	0,26
	Вместимость цистерны от 5,1 до 10 м <sup>3</sup>	39,00	0,27
	Вместимость цистерны более 10,1 м <sup>3</sup>	35,00	0,24
Исследовательские	Исследовательские	34,00	0,23
Компрессор	Производительность станции до 15 м <sup>3</sup> /мин	32,00	0,26
	Производительность станции более 15,1 м <sup>3</sup> /мин	33,00	0,25
Паропередвижные установки	Производительность до 1000 кг/ч	35,00	0,23
	Производительность более 1000,1 кг/ч	36,00	0,24
Передвижная ремонтная мастерская	Передвижная ремонтная мастерская	37,00	0,25

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4
Установки смесительные	Вместимость установки до 10 м <sup>3</sup>	39,00	0,25
	Вместимость установки от 10,1 до 18 м <sup>3</sup>	41,00	0,26
	Вместимость установки более 18,1 м <sup>3</sup>	42,00	0,25
Диспенсер	Диспенсер	43,00	0,24
Машина бурильная	Машина бурильная	44,00	0,24
Автокраны и автогидроподъемники	Автокран	29,00	0,22
	Автогидроподъемник	27,00	0,23
Автоцистерны	Объем цистерны до 10 м <sup>3</sup>	19,00	1,80
	Объем цистерны от 10,1 до 20 м <sup>3</sup>	22,00	2,10
	Объем цистерны более 20,1 м <sup>3</sup>	27,00	3,30

**Документы о внедрении результатов исследований**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



СВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной и  
инновационной деятельности

П.В. Евтин  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

**Отчет об оказанных Услугах  
в период с 09.08.2020 по 25.10.2020**

по договору № 100019/04114Д от 09.09.2019  
на оказание информационно-консультационных услуг

**"Формирование единых требований,  
предъявляемых к возрасту парка автотранспорта и спецтехники,  
эксплуатируемых в Обществах Группы ПАО «НК «Роснефть»"**

**Этап № 5: "Согласование проекта.  
Согласование проекта в ПАО «НК «Роснефть»"**

Научный руководитель  
д-р техн. наук, профессор

Н.С. Захаров

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

- Руководитель: Захаров Николай Степанович,  
заведующий кафедрой сервиса автомобилей и  
технологических машин
- Исполнители: Базанов Артем Владимирович, доцент кафедры  
сервиса автомобилей и технологических машин;
- Ильюхин Артем Валерьевич, администратор  
образовательной программы;
- Козин Евгений Сергеевич, доцент кафедры  
сервиса автомобилей и технологических машин;
- Макарова Анна Николаевна, доцент кафедры  
сервиса автомобилей и технологических машин;
- Сапоженков Николай Олегович, доцент  
кафедры сервиса автомобилей и  
технологических машин;
- Теньковская Светлана Александровна, аспирант  
кафедры сервиса автомобилей и  
технологических машин;
- Тян Роман Викторович, аспирант кафедры  
сервиса автомобилей и технологических машин.

Акт № 1341  
сдачи-приемки услуг

г. Тюмень

25.10.2020 г.

Мы, нижеподписавшиеся, Исполнитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский индустриальный университет" (ФГБОУ ВО "ТИУ") в лице проректора по научной и инновационной деятельности Павла Владимировича Евтина, действующего на основании доверенности №24 от 10.01.2020 г., и Заказчик ПАО «НК «Роснефть», в лице директора Департамента нефтегазодобычи Дмитрия Александровича Лунина, действующего на основании доверенности №ИС-5/Д от 01.01.2020 г., составили настоящий Акт о том, что в период с 09.08.2020 г. по 25.10.2020 г. в соответствии с договором № 100019/04114Д от 09.09.2019 г., были оказаны следующие услуги: "Формирование единых требований, предъявляемых к возрасту парка автотранспорта и спецтехники, эксплуатируемых в Обществах Группы ПАО «НК «Роснефть»". Этап № 5 «Согласование проекта. Согласование проекта в ПАО «НК «Роснефть»».

Услуги оказаны в срок, в полном объеме и удовлетворяют условиям Договора, по итогам проведенной работы составлен Отчет об оказанных Услугах.

Стоимость оказанных услуг составляет: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Услуги принял:  
Директор Департамента  
нефтегазодобычи

Услуги сдал:  
Проректор по научной и  
инновационной деятельности

  
М. П. 

Д.А. Лунин



П.В. Евтин

Отчет получен «25» октября 2020 г.,

Находится в Департаменте нефтегазодобычи

Исполнитель: Руководитель проекта УТАТ ДИТД  А.В. Безрубенко  
Должность, подпись, расшифровка подписи

Утверждаю  
Главный инженер  
Сургутской центральной базы  
производственного обслуживания по  
прокату и ремонту нефтепромысловой  
спецтехники и навесного оборудования  
ПАО "Сургутнефтегаз"



А.А.Зиганшин

14 июля 2023 г.

#### АКТ

о внедрении диссертационной работы С.А.Теньковской на тему "Повышение надежности функционирования транспортно-технологических систем нефтегазодобывающих предприятий в условиях Западной Сибири путем ограничения срока службы автомобилей" в Сургутской центральной базе производственного обслуживания по прокату и ремонту нефтепромысловой спецтехники и навесного оборудования ПАО "Сургутнефтегаз"

Мы, нижеподписавшиеся заместитель начальника Сургутской центральной базы производственного обслуживания по прокату и ремонту нефтепромысловой спецтехники и навесного оборудования (ЦБПО ПРНСиНО) ПАО "Сургутнефтегаз" по производству А.В.Крутый, начальник конструкторско-технологического отдела И.Е.Щинов и аспирант С.А.Теньковская составили настоящий акт о том, что в ЦБПО ПРНСиНО принята к использованию методика определения рационального срока службы автомобилей.

Указанная методика разработана на основе исследований, выполненных в диссертационной работе С.А.Теньковской на тему "Повышение надежности функционирования транспортно-технологических систем нефтегазодобывающих предприятий в условиях Западной Сибири путем ограничения срока службы автомобилей".

Эффект от использования методики образуется за счет более точного определения срока эксплуатации автомобилей, снижения на этой основе количества отказов, потерь от простоев автомобилей в текущем ремонте и простоев основного производства обслуживаемых подразделений.

Заместитель начальника  
ЦБПО ПРНСиНО

А.В.Крутый

Начальник конструкторско-  
технологического отдела

И.Е.Щинов

Аспирант

С.А.Теньковская

УТВЕРЖДАЮ



Проректор  
по образовательной деятельности  
ТЮИУ ВО «Тюменский  
индустриальный университет»

Р. И. Абдразаков

февраль 2023 г.

### АКТ

о внедрении в учебный процесс кафедры «Сервис автомобилей и технологических машин» (САТМ) Тюменского индустриального университета результатов диссертационной работы С. А. Теньковской на тему «Повышение надежности функционирования транспортно-технологических систем нефтегазодобывающих предприятий в условиях Западной Сибири путем ограничения срока службы автомобилей»

Комиссия в составе: председателя, заместителя директора Института транспорта кандидата технических наук, доцента Шарухи А. В. и членов комиссии: заведующего кафедрой САТМ доктора технических наук, профессора Захарова Н. С.; доцента кафедры САТМ кандидата технических наук, доцента Ильиных В. Д. составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы аспирантки Теньковской С. А. на тему «Повышение надежности функционирования транспортно-технологических систем нефтегазодобывающих предприятий в условиях Западной Сибири путем ограничения срока службы автомобилей» используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 23.03.03 – и 23.04.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных Теньковской С. А., применяются при чтении лекций по дисциплинам «Техническая эксплуатация транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования», «Современные проблемы и направления развития технической эксплуатации транспортно-технологических машин и оборудования».

Настоящий акт утвержден на заседании кафедры «Сервис автомобилей и технологических машин», протокол № 6 от 01.02 2023.

Председатель комиссии:  
заместитель директора Института транспорта  
канд. техн. наук, доцент

А. В. Шаруха

Члены комиссии:  
зав. кафедрой САТМ  
д-р техн. наук, профессор

Н. С. Захаров

доцент кафедры САТМ  
канд. техн. наук, доцент

В. Д. Ильиных