

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Автомобильное отделение
Кафедра «Сервис транспортных систем»

Допустить к защите:
Заведующий кафедрой,
д.т.н., профессор

_____ И.В. Макарова

« _____ » _____ 2019 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

по направлению подготовки 230303

«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»
на тему «Применение метода FTA в ООО «АвтоЗапчасть КАМАЗ» для
совершенствования процесса обслуживания автомобилей»

ВКР 23.03.03.19.1115.07.00.00.00.ПЗ

Выполнил:
студент группы 1151115

_____ Гиниятуллин И.А.

Руководитель:
к.т.н., доцент
кафедры СТС

_____ Шубенкова К.А.

Набережные Челны
2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Отделение АВТОМОБИЛЬНОЕ Кафедра СТС
Направление подготовки 230303.62 «Эксплуатация транспортно-технологических
машин и комплексов»

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой,
д.т.н., профессор

_____ И.В. Макарова

« ____ » _____ 2019 г.

З А Д А Н И Е
по выпускной квалификационной работе

_____ Гиниятуллина Ильсура Азгаровича

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема выпускной квалификационной работы «Применение метода FTA в ООО «АвтоЗапчасть КАМАЗ» для совершенствования процесса обслуживания автомобилей» утверждена приказом по вузу от «__» _____ 2019 г. № _____.
2. Срок сдачи студентом законченного проекта «__» _____ 2019 г.
3. Исходные данные к проекту материалы преддипломной практики.
4. Содержание расчетно-пояснительной записки:
 - Обзор методов анализа надежности технических систем;
 - FTA как метод прогнозирования отказов технических систем;
 - Внедрение FTA в технологический процесс диагностирования грузовых автомобилей;
 - Техническая безопасность;
 - Оценка эффективности предлагаемых решений.
5. Перечень графического материала:
 - Обзор методов анализа надежности технических систем;
 - FTA как метод прогнозирования отказов технических систем;

- Внедрение FTA в технологический процесс диагностирования грузовых автомобилей;
- Техническая безопасность;
- Оценка эффективности предлагаемых решений.

6. Календарный план:

№ п/п	Наименование этапов дипломного проекта	Срок выполнения этапов проекта	Примечание
1.	Обзор методов анализа надежности технических систем		
2.	FTA как метод прогнозирования отказов технических систем		
3.	Внедрение FTA в технологический процесс диагностирования грузовых автомобилей		
4.	Техническая безопасность		
5.	Оценка эффективности предлагаемых решений		

Студент: _____

Руководитель проекта: _____

7. Консультанты по проекту, с указанием относящихся к ним разделов проекта:

Раздел	Консультант	Дата, подпись	
		Задание выдал	Задание принял
Обзор методов анализа надежности технических систем	Шубенкова К.А.		
FTA как метод прогнозирования отказов технических систем	Шубенкова К.А.		
Внедрение FTA в технологический процесс диагностирования грузовых автомобилей	Шубенкова К.А.		
Техническая безопасность	Шубенкова К.А.		
Оценка эффективности предлагаемых решений	Шубенкова К.А.		

8. Дата выдачи задания _____

Руководитель _____
(подпись)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа по теме «Применение метода FTA в ООО «АвтоЗапчасть» КАМАЗ» для совершенствования процесса обслуживания автомобилей» содержит 117 страниц текстового документа, 50 использованных источников, 7 листов графического материала.

Перечень ключевых слов: *грузовой автомобиль, КАМАЗ, диагностика, техническое обслуживание, неисправность, надежность, оптимизация, статистика отказов, методы прогнозирования.*

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы является ООО «АвтоЗапчасть КАМАЗ».

Предметом исследования является процесс диагностирования автотехники КАМАЗ – методом FTA.

Целью данной выпускной квалификационной работы является снижение времени диагностирования путем применения метода FTA в технологическом процессе.

Для достижения данной цели был выполнен анализ существующих методов прогнозирования отказов, выявлены наиболее часто возникающие неисправности и вероятность их возникновения, разработан алгоритм технического обслуживания.

Результаты оценки экономической эффективности проекта показали эффективность инвестиций на внедрение данной системы.

									Лист
									4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП				

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОБЗОР МЕТОДОВ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	8
1.1 АВТОМОБИЛЬ КАК СЛОЖНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА	9
1.2 ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ	10
1.3 МЕТОДЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ	13
1.4 ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ	16
1.4.1 Прогнозирование интенсивности отказов	16
1.4.2 Анализ дерева неисправностей	17
1.4.3 Марковский анализ	19
1.4.4 Анализ дерева событий	21
1.4.5 Анализ видов и последствий отказов	22
1.4.6 Статистические методы оценки вероятности безотказной работы	23
1.5 СЕМЬ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	25
1.5.1 Статистическое наблюдение	26
1.5.2 Сводка и группировка материалов статистического наблюдения	27
1.5.3 Абсолютные и относительные статистические величины	28
1.5.4 Вариационные ряды	29
1.5.5 Выборка	30
1.5.6 Корреляционный и регрессионный анализ	31
1.5.7 Ряды динамики	32
1.6 ВЫБОР МЕТОДА АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ	33
1.7 ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	34
1.8 ВЫВОДЫ	35
2 ФТА КАК МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	36
2.1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ	37

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

2.2	FAULT TREE ANALYSIS КАК МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ	53
2.2.1	Сущность Fault Tree Analysis	53
2.2.2	История.....	55
2.2.3	Символы.....	58
2.2.4	Базовая математическая основа.....	60
2.2.5	Анализ	61
2.2.6	Существующий опыт применения Fault Tree Analysis.....	64
2.3	ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ФТА	68
2.4	ВЫВОДЫ	71
3.	ВНЕДРЕНИЕ ФТА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	72
3.1.	ОПЫТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ АВТОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.....	73
3.2.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В ДИЛЕРСКИХ ЦЕНТРАХ ПАО «КАМАЗ»	78
3.3.	АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ МЕТОДА ФТА.....	79
4.	ТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	88
4.1.	ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АВТОМОБИЛЯ И БДД.....	89
4.2.	ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УЧАСТКА... ..	94
5.	ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	106
5.1.	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ.....	107
5.2.	РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ВНЕДРЕНИЕ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	109
5.3.	РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	109
5.4.	ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ	110
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	112

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития науки и техники, применение новейших технологий и оборудования является очевидным конкурентным преимуществом. Поэтому использование современных систем и механизмов стало обычным в различных областях промышленности, особенно в таких сложных, как автомобилестроении. Однако сложность современных агрегатов требует соответственного к ним отношения – квалифицированной эксплуатации и сервисного обслуживания.

Тема выпускной квалификационной работы является особенно актуальной в связи с тем, что технологии продолжают совершенствоваться и конструкция автомобиля с каждым годом усложняется. Это требует усовершенствования процесса технического обслуживания. Для этого предлагается использовать метод FTA, который основан на статистике отказов за последние несколько лет.

В данной работе будут рассмотрены следующие материалы. В первой главе будет проведен анализ надежности технических систем. Во второй главе будут рассмотрены метод FTA как метод прогнозирования отказов технических систем. В третьей главе рассмотрен опыт прогнозирования отказов ведущих специалистов, рассчитана трудоемкость работ для проведения диагностики тормозной системы, двигателя и рулевого управления при существующей организации технологического процесса и в случае внедрения FTA. В четвертой главе представлена статистика дорожно-транспортных происшествий (ДТП) для анализа влияния ошибок при проведении диагностики на безопасность дорожного движения (БДД). В пятой главе представлен расчет эффективности внедрения FTA в процесс работы ООО «АвтоЗапчасть КАМАЗ».

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП	

1 ОБЗОР МЕТОДОВ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

					<i>ВКР 23.03.03.19.1115.07.00.00.00. ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Гиниятуллин</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Шубенкова</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Шубенкова</i>				<i>НЧИ КФУ, гр. 1151115</i>		
<i>Утверд.</i>	<i>Макарова И.В.</i>						

*Применение метода ФТА в
ООО АвтоЗапчасть КАМАЗ
для совершенствования
процесса обслуживания
автомобилей*

1.1 АВТОМОБИЛЬ КАК СЛОЖНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

В настоящее время автовладельцы сталкиваются с многочисленными проблемами, которые могут привести к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП). В связи с этим поддерживать автомобиль в технически исправном состоянии в течение всего периода его эксплуатации является одной из главных задач для автопроизводителей. Для этого нужно своевременно проходить техническое обслуживание и при необходимости прибегнуть к ремонту. Ремонт классифицируют по планированию на плановый и неплановый, по степени восстановления ресурса на текущий и капитальный. Текущий ремонт автомобилей не регламентируется определенным пробегом и выполняется для обеспечения или восстановления их исправности. Капитальный ремонт – вид ремонта, выполняемого для восстановления исправности и полного (или близкого к полному) восстановления ресурса изделия с заменой или восстановлением любых составных частей, в том числе базовых. Плановый ремонт проводят по графику в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Необходимость в неплановом ремонте возникает при получении повреждений и возникновении неисправностей до установленного графика [1].

Согласно ПДД [2] автомобиль является источником повышенной опасности, так как по статистике [3] дорожно-транспортные происшествия являются одной из основных причин смерти молодых людей в возрасте от 15 до 29 лет. При этом около 13 % происшествий всех видов случаются по причине технической неисправности автомобиля. В связи с этим поддерживать автомобиль в технически исправном состоянии является очень важной задачей. Поскольку с каждым днем технологии продолжают совершенствоваться, становится все сложнее предсказать ресурс того или иного агрегата. Использование теории надежности для достижения максимальной эффективности и безопасности использования автомобилей позволяет устанавливать закономерности возникновения отказов устройств, прогнозировать их появление отказов и находить способы повышения надёжности автомобилей на этапах проектирования, производства и последующей эксплуатации.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>				

1.2 ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

В 1940 - 50-х годах теория надежности, как самостоятельная область знаний, получает распространение в основном в авиации, военной и ядерной индустрии [4]. Фактически «родиной» теории надежности становятся в 1950 году США, что, прежде всего, связано с развитием электроники. Именно тогда министр обороны США выявил, что поддержание в работоспособном состоянии электронного оборудования стоимостью в 1 доллар обходится за год в 2 доллара. Стало очевидным, что следовало разрабатывать элементы системы изначально надежными. При этом системы были настолько сложными, а элементы системы влияли на такое большое число различных функций, что только самые четкие и неукоснительные действия обученного обслуживающего инженерного персонала могли обеспечивать минимально необходимый уровень надежности. В итоге, министр обороны при объявлении тендера на поставку электронного оборудования потребовал, чтобы производители оборудования по итогам длительных испытаний доказали надежность своего оборудования. Результаты этих испытаний и составили первую известную базу данных по надежности «Military Standard 217. Reliability prediction of electronic equipment» [5].

Надёжность, в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации, может включать в себя свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости, а также определённое сочетание этих свойств [6]. Рассмотрим каждое из них.

Ремонтпригодность – это свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта [7]. Ремонтпригодность определяется эксплуатационной и ремонтной технологичностью изделия.

Эксплуатационная технологичность – приспособленность к работам, выполняемым при техническом обслуживании, а также при подготовке изделия к эксплуатации, в процессе эксплуатации и по окончании её.

Ремонтная технологичность – приспособленность к оперативному, удобному проведению ремонта.

					ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

В более узком смысле под ремонтпригодностью понимают приспособленность устройства к удобному и быстрому осуществлению отдельных технологических операций при его обслуживании, ремонте, контроле технического состояния, при разборке (сборке) узлов и деталей устройства, их контроле и замене. Ремонтпригодность обеспечивается при проектировании и изготовлении изделия – правильным выбором конструкции и соблюдением технологии производства. Поддержание ремонтпригодности в процессе эксплуатации изделия достигается рациональной системой технического обслуживания и ремонта. Расположение узлов на агрегатах и агрегатов на автомобиле должно обеспечивать свободный доступ к ним и хорошую видимость. Оно позволяет оценивать реальное состояние деталей и дает большую вероятность выявления неисправностей при техническом обслуживании.

Ремонтпригодность характеризуется средним временем восстановления и вероятностью восстановления работоспособности в течение определённого интервала времени, коэффициентом готовности, коэффициентом технического использования [8]. Оценивают её средним временем восстановления технического состояния машины при неплановом ремонте из-за вынужденного отказа.

Долговечность – это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность от начала эксплуатации до наступления предельного состояния с учетом перерывов для технического обслуживания и ремонта [9]. Предельное состояние автомобиля определяется невозможностью его дальнейшей эксплуатации из-за снижения эффективности, нерентабельности, повышенных износов или по требованию безопасности движения, то есть это такое состояние, когда объект изымается из эксплуатации.

Показателями долговечности являются ресурс (в километрах) и срок службы (в годах). Гарантийный ресурс – наработка объекта (в км), в пределах которой изготовитель гарантирует безотказную его работу при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, в том числе правил хранения и транспортирования. Новой автомобильной технике гарантийный ресурс устанавливают автомобильные, а прошедшей ремонт – авторемонтные заводы. В

					РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

случае преждевременного выхода из строя автомобильной техники по конструктивно-технологическим причинам или по вине ремонтных органов АТП предъявляют в установленном порядке рекламации для возмещения материального ущерба, вызванного отказами тех или иных агрегатов. Межремонтный ресурс – наработка объекта (в км) между двумя последовательными ремонтами. Он устанавливается отраслевым министерством на основе комплекса исследований и обобщения опыта эксплуатации автомобильной техники данного типа. Ресурс до списания - суммарная наработка объекта (в км), при достижении которой эксплуатация автомобиля должна быть прекращена.

Ресурс до первого капитального ремонта – наработка объекта (в км), при достижении которой изделие направляется в капитальный ремонт.

Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации объекта от ее начала до наступления предельного состояния. Аналогично с ресурсом различают гарантийный, межремонтный сроки службы, срок службы до первого капитального ремонта, срок службы до списания. Срок службы определяется физическим старением в процессе работы и под воздействием сил природы, а также моральным старением, вызванным обесцениванием автомобиля вследствие технического прогресса. Ведущим видом для автомобильных конструкций является физическое старение в процессе работы. Причиной этого является постоянное повышение интенсивности эксплуатации автомобильного транспорта [10].

Сохраняемость – это свойство объекта сохранять работоспособность в течение всего периода хранения и транспортировки [11].

Безотказность – это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки [12].

Безотказность элемента зависит от времени его эксплуатации: чем дольше период эксплуатации, тем элемент становится менее надежным.

Повышение безотказности элементов ведет к значительному усложнению технологии и, как следствие этого, непропорциональному повышению их стоимости. В настоящее время элементы практически уже во всех схемах работают

с предельно минимальными нагрузками. Нецелесообразно, чтобы элементы работали с более низкими нагрузками.

Основными показателями безотказности элементов и невозстановливаемых систем являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средняя наработка до отказа. Таким образом, информация об отказах является базовой для оперативного анализа и оценки надежности различных узлов, агрегатов и систем, а также для прогнозирования вероятности возникновения отказа системы.

1.3 МЕТОДЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ

Согласно ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003) [13], методы анализа надежности относятся к двум основным группам:

- основные методы анализа надежности;
- общие технические методы, которые могут быть использованы как вспомогательные при проведении анализа надежности, а также при проектировании надежности.

Основные методы анализа надежности, используемые для решения общих задач анализа надежности, приведены в таблице 1.1, их детальные характеристики приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Использование методов для решения общих задач анализа надежности

Метод	Применимость метода	Качественный анализ	Количественный анализ	Рекомендации
Прогнозирование интенсивности отказов	Применим для последовательных систем без резервирования	Возможно применение для анализа технического обслуживания	Вычисление интенсивностей отказов и МТТФ для электронных компонентов и оборудования	Поддержка
Анализ дерева неисправностей	Применим если поведение системы зависит от времени или последовательности событий	Анализ комбинаций неисправностей	Вычисление показателей безотказности работоспособности и относительного вклада подсистем в системы	Применим
Анализ дерева событий	Возможен	Анализ последовательности и отказов	Вычисление интенсивности отказов системы	Применим

Анализ структурной схемы надежности	Применим для систем у которых можно выделить независимые блоки	Анализ путей работоспособности	Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности системы	Применим
Марковский анализ	Применим	Анализ последовательности и отказов	Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности системы	Применим
Анализ сети Петри	Применим	Анализ последовательности и отказов	Подготовка описания системы для марковского анализа	Применим
Анализ режимов и последовательностей отказов FMEA	Применим для систем у которых преобладают единичные отказы	Анализ воздействия отказов	Вычисление интенсивности отказов	Применим
Исследование HAZOP	Поддержка	Анализ причин и последствий отклонений	Не применим	Поддержка
Анализ человеческого фактора	Поддержка	Анализ воздействия действий эффективности человека на работу системы	Вычисление вероятностей ошибок человека	Поддержка
Статистические методы надежности	Возможен	Анализ воздействия неисправностей	Определение количественных оценок показателей безотказности с неопределенностью	Поддержка

В таблице 1.1 МТТФ – это средняя наработка до отказа. Если в столбце «Применимость метода», указано «применим», то это говорит о том, что метод рекомендован для решения задачи анализа надежности. Слово «возможен» говорит о том, что метод допускается использовать для решения задачи, учитывая, что он имеет недостатки по сравнению с другими методами. Слово «поддержка» означает, что метод применим для решения лишь части задачи и может использоваться только в комбинации с другими методами.

Таблица 1.2 – Характеристики методов анализа надежности

Метод	Подходит для сложных систем	Подходит для новых проектов	Количественный анализ	Подходит для комбинаций неисправностей	Подходит для обработки с учетом последовательности и зависимости событий	Может использовать зависимые события	Восходящий / нисходящий	Подходит для распределения надежности	Применимость и унифицированность	Проверка правдоподобия результатов
Прогнозирование интенсивности отказов	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Нет	BU	Да	В	Да
Анализ дерева неисправностей	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет	TD	Да	В	Да
Анализ дерева событий	NR	NR	Да	NR	Да	Да	BU	NR	С	Да
Анализ структурной схемы надежности	NR	NR	Да	Да	Нет	Нет	TD	Да	С	Да
Марковский анализ	Да	Да	Да	Да	Да	Да	TD	Да	С	Нет
Анализ сети Петри	Да	Да	Да	Да	Да	Да	TD	Да	Н	Нет
Анализ режимов и последовательностей отказов FMEA	NR	NR	Да	Нет	Нет	Нет	BU	NR	В	Да
Исследование NAZOP	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	BU	Нет	С	Да
Анализ человеческого фактора	Да	Да	Да	Да	Да	Да	BU	Нет	В	Да
Статистические методы надежности	Да	Да	Да	Да	Да	Да	NA	NR	С	С

Условные обозначения, принятые в таблице 1.2:

NR – может использоваться для анализа простых систем. Не рекомендуется использовать с другими методами;

TD – нисходящий метод анализа;

BU – восходящий метод анализа;

NA – критерий не применим для этого метода;

В – высокий;

С – средний;

Н – низкий.

1.4 ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ

1.4.1 Прогнозирование интенсивности отказов

Прогнозирование интенсивности отказов является методом, который применяют главным образом на ранних стадиях проектирования для оценки интенсивности отказов оборудования и системы. Он может быть использован также на стадии производства при необходимости улучшения количества продукции.

Для прогнозирования используют один из трех основных методов:

- метод прогнозирования интенсивности отказов в исходных условиях, называемый количественным анализом частей;
- метод прогнозирования интенсивности отказов в эксплуатационных режимах, называемый анализом напряжений частей;
- метод прогнозирования интенсивности отказов, использующий анализ подобия.

Выбор метода зависит от объема имеющейся информации о системе, а также от необходимой точности аппроксимации.

Прогнозирование интенсивности отказов основано на следующих предположениях:

- компоненты соединены в системе последовательно (то есть отказ каждого компонента приводит к отказу системы);
- интенсивность отказов каждого компонента постоянна;
- отказы компонентов являются независимыми.

Эти предположения относительно исследуемой системы должны быть тщательно рассмотрены, так как ошибочное использование метода может привести к появлению опасных ошибок.

Предположение, что интенсивности отказов компонентов являются постоянными, сокращает количество вычислений, так как в этом случае интенсивность отказов системы является суммой интенсивностей отказов

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

компонентов. Интенсивность отказов системы не всегда является значимой характеристикой надежности системы, поскольку не все отказы воздействуют на систему одинаково. Отказы диагностических элементов и некоторые режимы неисправностей могут не влиять на функционирование системы. В этом случае интенсивность отказов системы является лишь мерой количества корректирующих действий технического обслуживания, независимо от того, связаны они с отказами системы или нет.

Точность прогноза характеристик надежности системы зависит от доступных моделей отказов компонентов. Все вышеуказанное относится также к прогнозированию интенсивности отказов в эксплуатационных режимах.

Достоинства:

- если имеются соответствующие данные, время и стоимость анализа будут очень небольшими;

- анализ адаптирован к ранним этапам проектирования и разработки, поскольку для него достаточно небольшого количества входной информации и данных;

- основная информация о надежности компонента получена на ранних этапах проектирования и разработки;

- метод адаптирован как к ручному, так и к компьютерному вычислениям;

- применение метода не требует специального обучения.

Ограничения применения метода:

- метод не применяют для систем с резервированием;

- из-за недостатка исходной информации уровень точности прогноза может быть низким, особенно для небольших подсистем и производств (для повышенной точности требуются большие выборки);

- оценка режимов и последствий отказов невозможна.

1.4.2 Анализ дерева неисправностей

Анализ дерева неисправностей (ФТА) является нисходящим методом анализа надежности продукции. Он предназначен для идентификации и анализа условий и

факторов, которые вызывают или способствуют появлению нежелательного результата и влияют на эффективность, безопасность, экономичность и другие характеристики системы.

FTA может использоваться для построения модели прогнозирования надежности, а также при проведении альтернативных исследований на стадии проектирования продукции.

FTA применяют для определения количественных оценок, характеризующих причины неисправности. FTA является эффективным методом, который идентифицирует и оценивает режимы отказов и причины известных или предполагаемых воздействий. FTA позволяет учесть известные неблагоприятные воздействия и находить соответствующие режимы и причины отказов. FTA способствует своевременному смягчению потенциальных режимов отказов и повышению надежности продукции на стадии проектирования.

FTA позволяет представить аппаратную и программную функциональные структуры системы, работает с основными событиями и является методом моделирования надежности. FTA учитывает сложные взаимодействия частей системы, моделируя их функциональные зависимости или зависимости отказов, события, вызывающие отказ, общие причины событий и позволяет сформировать общее представление о системе.

Для оценки показателей надежности и работоспособности системы с помощью FTA применяют такие методы, как Булевы сокращения и анализ набора вырезок. Основными исходными данными метода являются интенсивности отказов, интенсивности восстановления, вероятности появления режимов неисправностей для компонентов.

Достоинства:

- разработка может быть начата на ранних стадиях проектирования и затем разрабатываться более подробно одновременно с развитием проекта;
- идентифицирует и систематически регистрирует логические пути неисправности от их появления до основных причин при помощи Булевой алгебры;

– допускает простое преобразование логических моделей в соответствующие вероятностные характеристики.

Ограничения применения метода:

– позволяет представить события, зависящие от времени или последовательности их появления;

– имеет ограничения относительно реконфигурации системы и систем, функционирование которых зависит от их состояния.

Эти ограничения можно устранить, применяя ФТА в комбинации с марковскими моделями, если марковские модели применяются для основных событий дерева неисправностей.

1.4.3 Марковский анализ

Марковское моделирование – вероятностный метод, который учитывает статистическую зависимость отказов или характеристики ремонта отдельных компонентов для описания состояния системы. Следовательно, марковское моделирование может учитывать как воздействие независимых отказов компонентов, так и интенсивности перехода состояний под воздействием напряжений или других факторов. По этой причине марковский анализ применяют для оценки надежности функционально сложных систем со сложными стратегиями ремонта и технического обслуживания.

Метод основан на теории марковских процессов. Для прикладных задач надежности обычно используют гомогенную во времени марковскую модель, которая предполагает, что интенсивности переходов (отказ и ремонт) являются постоянными. Для этой модели применимы простые и эффективные численные методы решения и единственное ограничение его применения - размерность пространства состояний.

Представление поведения системы с помощью марковской модели требует определения всех возможных состояний системы, предпочтительно изображенных на диаграмме состояний и переходов. Кроме этого, должны быть определены (постоянные) интенсивности перехода из одного состояния в другое

(интенсивности отказа или ремонта, интенсивности события и т.д.). Выходами марковской модели являются вероятности пребывания системы в данном наборе состояний (обычно эта вероятность является показателем качества работы системы).

Этот метод применяют в случае, когда интенсивность перехода (отказ или ремонт) зависит от состояния системы, нагрузки или структуры системы (например, резервирования), стратегии технического обслуживания или других факторов. В частности, структура системы (тип резервирования, запасные части) и стратегии технического обслуживания (количество ремонтных бригад) выявляют зависимости, которые не могут быть получены другими методами.

Достоинства:

- обеспечивает гибкую вероятностную модель для анализа поведения системы;

- может быть адаптирован к сложным избыточным конфигурациям, сложной стратегии технического обслуживания, сложным моделям обработки неисправностей (неустойчивые неисправности, скрытые неисправности, реконфигурации), деградационным режимам работы и общим причинам отказов;

- дает вероятностные решения для модулей, которые будут использованы в других методах, таких как методы структурной схемы надежности и дерева неисправностей;

- позволяет точно моделировать последовательность событий определенного вида или порядка появления.

Ограничения применения метода:

- с увеличением количества компонентов системы количество состояний экспоненциально возрастает, что приводит к росту трудоемкости анализа;

- модель может быть трудна для пользователей при построении и контроле и требует соответствующего программного обеспечения для анализа;

- числовые результаты можно получить только для постоянных интенсивностей переходов;

– некоторые показатели, такие как средняя наработка на отказ и средняя наработка до отказа, не могут быть получены непосредственно из марковской модели.

1.4.4 Анализ дерева событий

Анализ дерева событий (ЕТА) распространяется на ряд возможных последствий реализации события или отказа системы. Эффективным может быть соединение дерева событий с деревом неисправностей. Корень дерева событий может быть вершиной дерева неисправностей. Эта комбинация иногда называется анализом причины и следствий, в котором FTA используют для анализа причин, а ЕТА – для анализа последствий реализации события. Чтобы оценить серьезность последствий, которые следуют за реализацией события, необходимо идентифицировать, исследовать и определить вероятность всех возможных последствий.

Анализ дерева событий применяют в тех случаях, когда необходимо исследовать все возможные пути формирования событий, последовательность их появления и наиболее вероятные результаты или последствия. После начального события может произойти несколько следующих событий/следствий. Вероятность, связанная с реализацией определенного пути (последовательности) событий, равна произведению условных вероятностей всех событий на этом пути.

Главным достоинством метода является возможность оценить последствия событий и таким образом способствовать снижению высокой вероятности неблагоприятного последствия. Анализ дерева событий является хорошим дополнением анализа дерева неисправностей. Анализ дерева событий может быть также использован при анализе режимов отказов. В этом случае анализ прослеживает возможные пути события (режимов отказа), чтобы определить вероятные последствия отказа.

Ограничения: анализ дерева событий необходимо проводить с особой осторожностью при работе с условными вероятностями и независимыми событиями.

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП				

1.4.5 Анализ видов и последствий отказов

Анализ видов и последствий отказов (FMEA) является восходящим методом анализа надежности, который обычно применяют для изучения материала, компонентов, отказов оборудования и их воздействий на следующий более высокий функциональный уровень системы. Итерации этих шагов (идентификация одиночных режимов отказов и оценка их воздействия на следующий более высокий уровень системы) заканчиваются идентификацией всех режимов единичных отказов системы. FMEA может быть использован для анализа систем, использующих технологии с простыми функциональными структурами отказов (электрические, механические, гидравлические, программные и т.д.). Анализ видов, последствий и критичности отказов (FMESCA) расширяет FMEA, определяя количество последствий отказа через вероятности появления и серьезности последствий. Серьезность последствий оценивают в соответствии с заданной шкалой.

FMEA и FMESCA обычно применяют в случаях, когда уровень риска выявляется на ранних уровнях разработки продукции. Их применяют для новых технологий, процессов, проектов или при изменениях условий окружающей среды, нагрузок или инструкций. FMEA или FMESCA могут быть применены для компонентов или систем, которые представляют собой продукцию, процессы или производственное оборудование. Они также могут быть применены к системам программного обеспечения.

Достоинства:

- систематическая идентификация отношений причин и последствий;
- начальная индикация тех видов отказов, которые, возможно, могут быть критическими, особенно отказов, которые могут повторяться;
- идентификация результатов определенных причин или событий, которые являются важными;
- обеспечение порядка идентификации мер по снижению риска;

– возможность использования в предварительном анализе новых или неиспытанных систем или процессов.

Ограничения применения метода:

– объем выходных данных может быть большим, даже для относительно несложных систем;

– метод может стать сложным и неуправляемым, если нет четкой связи между причиной и последствиями;

– метод не предназначен для анализа временных последовательностей, процессов восстановления, условий окружающей среды, аспектов технического обслуживания и т.д.;

– первоначальная модель критичности усложняется за счет включения конкурирующих факторов.

1.4.6 Статистические методы оценки вероятности безотказной работы

Безотказность является свойством, которое можно определить с помощью показателей безотказности. Показатели безотказности являются вероятностными характеристиками и требуют применения статистических методов.

Статистические методы могут быть использованы для определения количественной оценки показателей безотказности, включая:

– оценку и прогнозирование показателей безотказности продукции;

– оценку характеристик материалов в течение гарантийного срока эксплуатации или в процессе проектирования продукции;

– прогнозирование гарантийных затрат;

– оценку последствий предложенного изменения проекта;

– оценку выполнения требований технического регулирования и заказчика;

– наблюдение за продукцией в процессе ее эксплуатации для получения информации о причинах отказов и методах повышения безотказности продукции;

– сравнение компонентов, изготовленных на двух и более предприятиях с применением различных материалов и эксплуатируемых в различных условиях.

Для применения статистических методов необходимо собрать соответствующие данные, которые зависят от решаемой задачи. Данные, используемые для анализа безотказности, должны представлять собой информацию об эффективности работы элементов, которые могут отказать (например, в условиях эксплуатации). Тип данных зависит от типа исследуемого элемента. Например, основными данными для устройств краткого действия являются количество испытуемых элементов и количество неотказавших элементов. Основными данными для невосстанавливаемых элементов являются наработки до опасных событий (для системы). Основные данные для восстанавливаемых элементов - наработки в процессе срока службы элемента. Обычно не все элементы отказывают за период наблюдений. Поэтому наработку до отказа фиксируют только для отказавших элементов, а продолжительность наблюдений – для неотказавших элементов. Такие данные называют цензурированными. Их обработка достаточно сложна и зависит от целей исследования надежности и особенностей элемента.

В дополнение к основным данным в статистический анализ может включаться информация о факторах, влияющих на безотказность для оценки их воздействия на эффективность.

В статистических методах используют только количественные данные. Данные о надежности, соответствующие предыдущим испытаниям или эксплуатации, могут быть ограниченными, но полезными для оценки надежности. Поэтому данные предыдущих испытаний или эксплуатации могут быть использованы вместе с количественными данными для оценки надежности на основе байесовских методов.

В зависимости от решаемой задачи используют различные модели надежности. Например, для описания срока службы используют экспоненциальное распределение или распределение Вейбулла, для случайных процессов - степенную модель, кроме того, используют модели повышения надежности, деградации, технического обслуживания и др.

					RKP 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП	Лист
						24
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		

С помощью классических или байесовских методов для каждого вида моделей могут быть получены необходимые оценки с соответствующей областью неопределенности.

Достоинства:

- могут объединять данные из различных источников;
- могут быть получены оценки показателей надежности с областью неопределенности;
- оценки показателей надежности могут быть модифицированы по мере поступления новых данных.

Кроме того, для байесовских методов:

- отдельные технические данные могут быть объединены с предыдущими данными об отказах;
- оценки показателей надежности могут быть получены даже на ранних этапах создания изделия, когда информации о наблюдениях очень мало.

Для всех статистических методов характерны трудности при:

- определении соответствующей функциональной модели, используемой для принятия решений;
- структурировании данных, необходимых для анализа.

Кроме того, для байесовских методов:

- выявление необходимых отдельных технических данных может быть сложным;
- построение априорного распределения может представлять трудную задачу;
- модифицированная оценка показателей надежности (по апостериорному распределению) не определяется прямым расчетом.

1.5 СЕМЬ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Деятельность людей во множестве случаев предполагает работу с данными, а она в свою очередь может подразумевать не только оперирование ими, но и их изучение, обработку и анализ [14]. Например, когда нужно уплотнить

информацию, найти какие-то взаимосвязи или определить структуры. И как раз для аналитики в этом случае очень удобно пользоваться не только разными техниками мышления, но и применять статистические методы.

Особенностью методов статистического анализа является их комплексность, обусловленная многообразием форм статистических закономерностей, а также сложностью процесса статистических исследований.

Статистическое исследование может проводиться посредством следующих методов:

- статистическое наблюдение;
- сводка и группировка материалов статистического наблюдения;
- абсолютные и относительные статистические величины;
- вариационные ряды;
- выборка;
- корреляционный и регрессионный анализ;
- ряды динамики.

Рассмотрим каждый из них более подробно.

1.5.1 Статистическое наблюдение

Статистическое наблюдение является планомерным, организованным и в большинстве случаев систематическим сбором информации, направленным, главным образом, на явления социальной жизни. Реализуется данный метод через регистрацию предварительно определенных наиболее ярких признаков, цель которой состоит в последующем получении характеристик изучаемых явлений.

Статистическое наблюдение должно выполняться с учетом некоторых важных требований:

- оно должно полностью охватывать изучаемые явления;
- получаемые данные должны быть точными и достоверными;
- получаемые данные должны быть однообразными и легко сопоставимыми;

Статистическое наблюдение может иметь две формы:

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

– Отчетность – это такая форма статистического наблюдения, где информация поступает в конкретные статистические подразделения организаций, учреждений или предприятий. В этом случае данные вносятся в специальные отчеты.

– Специально организованное наблюдение – наблюдение, которое организуется с определенной целью, чтобы получить сведения, которых не имеется в отчетах, или же для уточнения и установления достоверности информации отчетов. К этой форме относятся опросы (например, опросы мнений людей), перепись населения и т.п.

Кроме того, статистическое наблюдение может быть категоризовано на основе двух признаков: либо на основе характера регистрации данных, либо на основе охвата единиц наблюдения. К первой категории относятся опросы, документирование и прямое наблюдение, а ко второй – наблюдение сплошное и несплошное, т.е. выборочное.

Для получения данных при помощи статистического наблюдения можно применять такие способы как анкетирование, корреспондентская деятельность, самоисчисление (когда наблюдаемые, например, сами заполняют соответствующие документы), экспедиции и составление отчетов.

1.5.2 Сводка и группировка материалов статистического наблюдения

Говоря о втором методе, в первую очередь следует сказать о сводке. Сводка представляет собой процесс обработки определенных единичных фактов, которые образуют общую совокупность данных, собранных при наблюдении. Если сводка проводится грамотно, огромное количество единичных данных об отдельных объектах наблюдения может превратиться в целый комплекс статистических таблиц и результатов. Также такое исследование способствует определению общих черт и закономерностей исследуемых явлений.

С учетом показателей точности и глубины изучения можно выделить простую и сложную сводку, но любая из них должна основываться на конкретных этапах:

- выбирается группировочный признак;
- определяется порядок формирования групп;
- разрабатывается система показателей, позволяющих охарактеризовать группу и объект или явление в целом;
- разрабатываются макеты таблиц, где будут представлены результаты сводки.
- важно заметить, что есть и разные формы сводки:
 - централизованная сводка, требующая передачи полученного первичного материала в вышестоящий центр для последующей обработки;
 - децентрализованная сводка, где изучение данных происходит на нескольких ступенях по восходящей.

Выполняться сводка может при помощи специализированного оборудования, например, с использованием компьютерного ПО или вручную.

Что же касается группировки, то этот процесс отличается разделением исследуемых данных на группы по признакам. Особенности поставленных статистическим анализом задач влияют на то, какой именно будет группировка: типологической, структурной или аналитической. Именно поэтому для сводки и группировки либо прибегают к услугам узкопрофильных специалистов, либо применяют конкретные техники мышления.

1.5.3 Абсолютные и относительные статистические величины

Абсолютные величина считаются самой первой формой представления статистических данных. С ее помощью удастся придать явлениям размерные характеристики, например, по времени, по протяженности, по объему, по площади, по массе и т.д.

Если требуется узнать об индивидуальных абсолютных статистических величинах, можно прибегнуть к замерам, оценке, подсчету или взвешиванию. А если нужно получить итоговые объемные показатели, следует использовать сводку и группировку. Нужно иметь в виду, что абсолютные статистические величины

отличаются наличием единиц измерения. К таким единицам относят стоимостные, трудовые и натуральные.

Относительные величины выражают количественные соотношения, касающиеся явлений социальной жизни. Для того, чтобы их получить, одни величины всегда делятся на другие. Показатель, с которым сравнивают (это знаменатель), называют основанием сравнения, а показатель, которой сравнивают (это числитель), называют отчетной величиной.

Относительные величины могут быть разными, что зависит от их содержательной части. Например, существуют величины сравнения, величины уровня развития, величины интенсивности конкретного процесса, величины координации, структуры, динамики и т.д.

Чтобы изучить какую-то совокупность по дифференцирующимся признакам, в статистическом анализе применяются средние величины – обобщающие качественные характеристики совокупности однородных явлений по какому-либо дифференцирующемуся признаку.

Крайне важным свойством средних величин является то, что они говорят о значениях конкретных признаков во всем их комплексе единым числом. Невзирая на то, что у отдельных единиц может наблюдаться количественная разница, средние величины выражают общие значения, свойственные всем единицам исследуемого комплекса. Получается, что при помощи характеристики чего-то одного можно получить характеристику целого.

Следует иметь в виду, что одним из самых важных условий применения средних величин, считается однородность их комплекса, для которого и нужно узнать среднюю величину. А от того, как именно будут представлены начальные данные для исчисления средней величины, будет зависеть и формула ее определения.

1.5.4 Вариационные ряды

В некоторых случаях данных о средних показателях тех или иных изучаемых величин может быть недостаточно, чтобы провести обработку, оценку и глубокий

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>				

анализ какого-то явления или процесса. Тогда во внимание следует брать вариацию или разброс показателей отдельных единиц, который тоже представляет собой важную характеристику исследуемой совокупности.

На индивидуальные значения величин могут воздействовать многие факторы, а сами изучаемые явления или процессы могут быть очень многообразны, т.е. обладать вариацией (это многообразие и есть вариационные ряды), причины которой следует искать в сущности того, что изучается.

Вышеназванные абсолютные величины находятся в непосредственной зависимости от единиц измерения признаков, а значит, делают процесс изучения, оценки и сравнения двух и более вариационных рядов более сложным. А относительные показатели нужно вычислять в качестве соотношения абсолютных и средних показателей.

1.5.5 Выборка

Смысл выборочного метода (или проще – выборки) состоит в том, что по свойствам одной части определяются численные характеристики целого (это называется генеральной совокупностью). Основной выборочного метода является внутренняя связь, объединяющая части и целое, единичное и общее.

Метод выборки отличается рядом существенных преимуществ перед остальными, т.к. благодаря уменьшению количества наблюдений позволяет сократить объемы работы, затрачиваемые средства и усилия, а также успешно получать данные о таких процессах и явлениях, где либо нецелесообразно, либо просто невозможно исследовать их полностью.

Соответствие характеристик выборки характеристикам изучаемого явления или процесса будет зависеть от комплекса условий, и в первую очередь от того, как вообще будет реализовываться выборочный метод на практике. Это может быть как планомерный отбор, идущий по подготовленной схеме, так и непланомерный, когда выборка производится из генеральной совокупности.

Но во всех случаях выборочный метод должен быть типичным и соответствовать критериям объективности. Данные требования нужно выполнять

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

всегда, т.к. именно от них будет зависеть соответствие характеристик метода и характеристик того, что подвергается статистическому анализу.

Таким образом, перед обработкой выборочного материала необходимо провести его тщательную проверку, избавившись тем самым от всего ненужного и второстепенного. Одновременно с этим, составляя выборку, в обязательном порядке нужно обходить стороной любую самодеятельность. Это означает, что ни в коем случае не следует делать выборку только из вариантов, кажущихся типичными, а все другие – отбрасывать.

Эффективная и качественная выборка должна составляться объективно, т.е. производить ее нужно так, чтобы были исключены любые субъективные влияния и предвзятые побуждения. И чтобы это условие было соблюдено должным образом, требуется прибегнуть к принципу рандомизации или, проще говоря, к принципу случайного отбора вариантов из всей их генеральной совокупности.

Представленный принцип служит основой теории выборочного метода, и следовать ему нужно всегда, когда требуется создать эффективную выборочную совокупность, причем случаи планомерного отбора исключением здесь не являются.

1.5.6 Корреляционный и регрессионный анализ

Корреляционный анализ и регрессионный анализ – это два высокоэффективных метода, позволяющие проводить анализ больших объемов данных для изучения возможной взаимосвязи двух или большего количества показателей.

В случае с корреляционным анализом задачами являются:

- измерить тесноту имеющейся связи дифференцирующихся признаков;
- определить неизвестные причинные связи;
- оценить факторы, в наибольшей степени воздействующие на окончательный признак.

В случае с регрессионным анализом задачи следующие:

- определить форму связи;

- установить степень воздействия независимых показателей на зависимый;
- определить расчетные значения зависимого показателя.

Чтобы решить все вышеназванные задачи, практически всегда нужно применять и корреляционный и регрессионный анализ в комплексе.

1.5.7 Ряды динамики

Посредством этого метода статистического анализа очень удобно определять интенсивность или скорость, с которой развиваются явления, находить тенденцию их развития, выделять колебания, сравнивать динамику развития, находить взаимосвязь развивающихся во времени явлений.

Ряд динамики – это такой ряд, в котором во времени последовательно расположены статистические показатели, изменения которых характеризуют процесс развития исследуемого объекта или явления.

Ряд динамики включает в себя два компонента:

- период или момент времени, связанный с имеющимися данными;
- уровень или статистический показатель.

В совокупности эти компоненты представляют собой два члена ряда динамики, где первый член (временной период) обозначается буквой «t», а второй (уровень) – буквой «у».

Исходя из длительности временных промежутков, с которыми взаимосвязаны уровни, ряды динамики могут быть моментными и интервальными. Интервальные ряды позволяют складывать уровни для получения общей величины периодов, следующих один за другим, а в моментных такой возможности нет, но этого там и не требуется.

Ряды динамики также существуют с равными и разными интервалами. Суть же интервалов в моментных и интервальных рядах всегда разная. В первом случае интервалом является временной промежуток между датами, к которым привязаны данные для анализа (удобно использовать такой ряд, например, для определения количества действий за месяц, год и т.д.). А во втором случае – временной промежуток, к которому привязана совокупность обобщенных данных (такой ряд

можно использовать для определения качества тех же самых действий за месяц, год и т.п.). Интервалы могут быть равными и разными, независимо от типа ряда.

1.6 ВЫБОР МЕТОДА АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ

Выбор метода анализа надежности является очень индивидуальным и осуществляется объединенными усилиями экспертов по надежности и эксплуатации системы. Выбор должен быть сделан на ранних этапах и исследован на применимость.

При использовании следующих критериев выбор методов может быть упрощен:

1. Сложность системы. Сложные системы, например, включающие резервирование или другие особенности, обычно требуют более глубокого уровня анализа, чем простые системы;

2. Новизна системы. Вновь разрабатываемая система требует более тщательного анализа, чем разработанная ранее;

3. Качественный или количественный анализ. Действительно ли количественный анализ необходим?

4. Единичные или многократные неисправности. Существенно ли влияние комбинации неисправностей или ими можно пренебречь?

5. Поведение системы зависит от времени или последовательности событий. Имеет ли значение для анализа последовательность событий (например, система отказывает только в случае, если событию А предшествует событие В, но не наоборот) или поведение системы зависит от времени (например, ухудшение режимов работы после отказа или выполнения функции)?

6. Возможность использования метода для зависимых событий. Зависят ли характеристики отказа или восстановления отдельного элемента системы от состояния системы в целом?

7. Восходящий или нисходящий анализ. Обычно применение восходящих методов является более простым. Применение нисходящих методов требует осмысления и творческого подхода и имеет больше возможностей для ошибок;

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

8. Распределение требований надежности. Может ли метод быть приспособлен к количественному распределению требований надежности?

9. Квалификация исполнителя. Какой требуется уровень образования или опыта для правильного применения метода?

10. Применимость. Например, регулирующая сторона или заказчик обычно применяет метод?

11. Необходимость инструментальной поддержки. Нуждается ли метод в компьютерной поддержке или он может быть выполнен вручную?

12. Проверки правдоподобия. Можно ли проверить правдоподобие результатов вручную? Если нет, являются ли инструментальные средства доступными?

13. Работоспособность инструментальных средств. Действительно ли инструментальные средства доступны? Имеют ли эти инструментальные средства общий интерфейс с другими инструментальными средствами анализа, чтобы результаты могли многократно использоваться или передаваться?

14. Стандартизация. Существует ли стандарт, устанавливающий требования к представлению его результатов?

1.7 ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

На сегодняшний день существующие процессы технического обслуживания требуют введения новых операций. Этот факт позволяет говорить о том, что конкурентоспособными окажутся те сервисные центры, которые быстро адаптируются под изменяющиеся условия и будут в состоянии оказать услуги по ТО для каждого узла и агрегата автомобиля, включая всевозможные датчики, а также операции по проверке программного обеспечения.

При этом очень важным этапом является грамотная диагностика причин отказов системы и прогнозирование будущих отказов. Существуют различные методы анализа надежности технических систем. Сказать, какой из этих методов эффективнее – невозможно, поскольку все всегда зависит от задач, которые стоят перед исследователем.

Анализ дерева неисправностей (FTA) имеет двойное применение: как способ идентификации причины известного отказа и как метод анализа режима отказа,

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

моделирования и прогнозирования надежности. FTA используют для исследования потенциальных неисправностей, их режимов и причин для определения количественной оценки их вклада в отказ системы при проектировании. Если человек является частью системы, человеческие ошибки могут быть включены в FTA. Вероятность появления причин режимов неисправностей определяют с помощью технического анализа и затем используют для оценки величины их вклада в состояние полной неработоспособности системы. При этом допускают возможность изменений и повышения надежности. FTA позволяет моделировать надежность комбинации аппаратных, электронных и механических средств и программного обеспечения, а также их взаимодействие. Таким образом, FTA является мощным инструментом анализа надежности системы и диагностирования и прогнозирования отказов автомобилей.

В связи с этим была поставлена цель выпускной квалификационной работы: снижение времени диагностирования путем применения метода FTA в технологическом процессе.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть существующие методы анализа и прогнозирования отказов технических систем.
2. Изучить сущность метода Fault Tree Analysis.
3. Построить дерево отказов грузового автомобиля КАМАЗ на основании статистики отказов, полученной из рекламаций дилерских центров.
4. Построить технологический процесс диагностирования систем автомобиля КАМАЗ с учетом внедрения метода FTA.
5. Оценить эффективность разработанных технологических процессов по сравнению с существующими.

1.8 ВЫВОДЫ

Приведен обзор методов анализа надежности технических систем; автомобиль рассмотрен, как сложная система; представлены основные положения теории надежности; алгоритм выбора оптимального метода анализа надежности для разных случаев; а также поставлены цель и задачи исследования.

					<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		35

2 ФТА КАК МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

					<i>ВКР 23.03.03.19.1115.07.00.00.00. ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Гиниятуллин</i>			<i>Применение метода ФТА в ООО АвтоЗапчасть КАМАЗ для совершенствования процесса обслуживания автомобилей</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Шубенкова</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Шубенкова</i>			<i>НЧИ КФУ, гр. 1151115</i>			
<i>Утверд.</i>		<i>Макарова И.В.</i>						

2.1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ

Прогнозирование отказов – один из способов повышения надежности оборудования в процессе его эксплуатации [15]. Сущность прогнозирования отказов состоит в том, что на основе имеющейся информации об изменении параметров неисправные элементы выявляются за некоторое время до отказа и заменяются или восстанавливаются.

Различают два метода прогнозирования: инструментальный и статистический. Элементы, изменение качества которых можно проконтролировать некоторыми средствами измерения, подвергаются инструментальному прогнозированию. При невозможности контроля параметров элемента его отказы подвергаются статистическому прогнозированию.

Инструментальные методы прогнозирования возможны в том случае, если известна закономерность изменения некоторого параметра, определяющего качество элемента (прогнозирующего параметра).

Инструментальное прогнозирование можно проводить либо по изменению прогнозирующего параметра элемента, либо по изменению выходного параметра изделия. В отдельных случаях прогнозирующий параметр может являться и выходным. Так, например, величина сопротивления – прогнозирующий и выходной параметры для резистора.

Прогнозирование отказов возможно, как методами непосредственного контроля работы объектов (систем) в нормальных режимах, так и в специально созданных режимах, имитирующих старение, износ или другие возмущающие факторы. При прогнозировании отказов в нормальных режимах периодически измеряют прогнозирующий параметр. Анализируя результаты измерения параметра и зная величину его допуска, можно определить время предупредительной замены или восстановления элемента.

Специальные режимы работы позволяют с определенной степенью точности имитировать явление старения и изнашивания. Поэтому в этом режиме имеется возможность более раннего выявления изменений прогнозирующего параметра и

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

принятие мер по предотвращению отказов. Для инструментального метода прогнозирования необходимо выявить прогнозирующий параметр и определить закон его изменения, измерить этот параметр с достаточной точностью. Однако, оборудование современного автомобиля содержит большое число различных элементов, для которых во многих случаях упомянутые вопросы решены недостаточно полно, поэтому применить инструментальный метод прогнозирования не представляется возможным.

Сущность статистического метода заключается в том, что на основании известных статистических данных о времени безотказной работы данного изделия определяется время, в течение которого надежность объекта не ниже заданной, по истечении этого времени производят профилактическую замену (восстановление) элемента с прогнозируемой неисправностью.

Статистические методы менее точны, чем инструментальные, и не всегда учитывают реальные условия эксплуатации. Кроме того, они приводят к большому расходу элементов.

Результаты контроля прогнозирующих параметров могут записываться в специальных журналах или в технической документации проверяемого объекта. Эти записи должны давать возможность при каждой очередной проверке сопоставлять ее результаты с предыдущими и анализировать в динамике изменения прогнозируемого параметра. Для этого на сегодняшний день эффективно используются информационные технологии: текстовые процессоры, электронные таблицы, системы управления базами данных, информационные системы функционального назначения [16].

Для получения сведений об изменении тех или иных параметров при работе на переходных процессах, могут применяться специальные подвижные контрольно-записывающие установки, подвижные мини-лаборатории, оборудованные регистрирующей аппаратурой и измерительными приборами повышенного класса точности. С их помощью существенно облегчается, например, диагностика состояния систем автоматического управления, измерения.

Наиболее радикальным решением проблемы прогнозирования состояния объектов является внедрение автоматизированного контроля, который обеспечивает большую глубину контроля и поиск предполагаемых неисправностей при незначительных затратах времени. Наличие в этих системах контроля устройства для регистрации параметров позволяет накапливать информацию о состоянии каждого конкретного проверяемого объекта, анализируя которые можно прогнозировать появление возможных отказов.

Исследования в области прогнозирования отказов сложных технических систем ведутся в различных странах и различных направлениях: информационные системы [17], строительство [18], производственное оборудование [19], автомобили как сложные системы [20] и т.д.

Коллектив авторов [21] предлагает трехстадийный подход прогнозирования времени до отказа на примере электрических машин. Он основан на данных ухудшения характеристик подшипников качения, при этом извлекаются такие данные, как статистические характеристики, характеристики внутренней энергии и характеристики частоты отказов. Авторы подтверждают эффективность этого подхода экспериментально, проверяя характеристики подшипников качения на платформе PRONOSTIA.

В статье [22] рассматривается возможность использования Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) при оценке гарантийных затрат на ремонтируемые продукты. В статье описывается процедура, которая дополняет FMEA, и, в дополнение к стандартной анализируемой информации, в каждом режиме отказа дополнительно оценивается предполагаемое количество ошибок данного типа в течение гарантийного периода, метод его ремонта, его трудозатраты и затраты, необходимые для запасные части и материалы. Также представлена модель, которая на основе этих данных позволяет проводить оценку гарантийных затрат на изделие в целом.

В статье [23] для анализа проблем надежности автомобильной тормозной системы применяется Relux studio 2009. При этом сначала анализируются компоненты тормозной системы и устанавливается модель надежности. Затем

					<i>RKP 23 N3 N3 19 1115 N7 NN NN NN</i>	Лист
						39
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		

проводится анализ дерева отказов (ФТА) как качественно, так и количественно, что помогает выявить недостатки, чтобы избежать возникновения аварий и минимизировать потери. После чего используется метод FMEA: собираются важные данные, включая частоту отказов, оценку путей отказов и значения номера приоритета риска. Результаты этого исследования могут быть использованы для повышения надежности тормозной системы на стадии ее проектирования.

Решению проблем повышения эксплуатационной надежности электронных систем управления двигателем (ЭСУД) посвящена диссертация Григорьева М. В. [24]. В работе осуществлена классификация отказов и неисправностей элементов ЭСУД, разработаны математические модели и методики формирования оптимальных периодичностей контроля технического состояния элементов ЭСУД. Используются статистические методы прогнозирования.

Для обработки данных об отказах и неисправностях автомобилей, представляющих собой случайные величины, используются статистические методы и разработанное для этих целей программное обеспечение [25]. Наиболее часто для описания наработок (ресурсов) деталей и агрегатов автомобиля используются законы распределения: Вейбулла, нормальный, экспоненциальный, Рэлея. Так, Мухаметдинов Э.М. в своей работе [26] построил законы распределения отказов на основе данных мониторинга обращений в автоцентр и установил аналитические зависимости вероятности безотказной работы узлов автомобиля. Это позволило разработать программное решение для прогнозирования отказов и выработки рекомендаций по снижению их числа.

Таким образом, существуют разные методы анализа и прогнозирования надежности сложных систем. Наиболее широко используемыми во всем мире являются анализ дерева отказов (fault tree analysis, ФТА) [27], анализ режимов отказов и эффектов (FMEA) [22] и моделирование методом Монте-Карло (MCS) [28]. Кроме того, для принятия решений в различных областях исследователи используют также различные комбинации этих методов [23, 29, 30], и в зависимости от решаемой задачи тот или иной подход является более эффективным. Для анализа причин отказов технических систем лучше

использовать FTA, который впервые был использован в 1962 году компанией Bell Labs для Военно-воздушных сил США [31]. Данный метод является частью национальных стандартов таких, например, как стандарт США «MIL-HDBK-217 Reliability prediction of electronic equipment» [5] или российских «Методических указаний по проведению анализа риска опасных производственных объектов №РД 03-418-01» [4].

Статистика неисправностей грузовика КАМАЗ 5490 в период с 2014 по 31 августа 2018 года.

Общее количество рассматриваемых неисправностей - 32000 разделяется на 3 группы:

- 1) Тормозная система с ABS - 34% - 10897 неисправностей
- 2) Рулевое управление - 26% - 8250 неисправностей
- 3) Двигатель - 40% - 12853 неисправностей

Рассмотрим вероятность неисправностей каждой группы:

Таблица 2.1. – Статистика неисправностей

Наименование	Количество неисправностей	Процентное соотношение
Тормозная система (10897)		
Компрессор	1634	100 (15)
1) износ цилиндров и уплотнительных колец	735	45
А) естественный износ	441	60
Б) абразивный износ	294	40
2) негерметичное прилегание клапанов	245	15
А) износ головки и седел клапанов	171	70
Б) попадание инородных тел	74	30
3) износ подшипников коленчатого вала	571	35
А) недостаток масла	315	55
Б) естественный износ	256	45
4) производственный брак	81	5
А) заклинивание подшипников	65	80
Б) нарушение УМР при сборке	16	20
Осушитель воздуха	1089	100 (10)

1) утечка сжатого воздуха	980	90
А) естественный износ уплотнителей	343	35
Б) попадание в систему инородных тел	157	16
В) потеря упругих свойств пружин	98	10
Г) трещины в корпусе	137	14
Д) старение резиновых уплотнителей	245	25
2) производственный брак	108	10
Поломка пружины клапана		
Четырёхконтурный клапан	326	100 (3)
1) утечка сжатого воздуха	261	80
А) старение РТИ	72	30
Б) износ уплотнителя	189	70
2) производственный брак	65	20
поломка пружины клапана		
Передние тормозные камеры	653	100 (6)
1) утечка сжатого воздуха	326	50
А) старение РТИ	130	40
Б) износ уплотнителя	196	60
2) порыв диафрагмы	33	5
А) старение материала	10	30
Б) естественный износ	23	70
3) нарушение автоматической регулировки зазора	163	25
износ деталей авторегулятора		
4) заедание направляющих пальцев	131	20
А) порыв уплотнителей	85	65
Б) естественный износ	46	35
Задние тормозные камеры	435	100 (4)
1) утечка сжатого воздуха	152	35
А) старение РТИ	23	15
Б) износ уплотнителя	129	85
2) порыв диафрагмы	109	25
А) старение материала	60	55
Б) естественный износ	49	45
3) нарушение автоматической регулировки зазора	43	10
износ деталей авторегулятора		
4) заедание направляющих пальцев	87	20
А) порыв уплотнителей	26	30
Б) естественный износ	61	70
Регулятор тормозных сил	1416	100 (13)
утечка сжатого воздуха		

А) старение РТИ	435	30
Б) износ уплотнителя	991	70
Ускорительный клапан	1307	100 (12)
утечка сжатого воздуха		
А) старение РТИ	523	40
Б) износ уплотнителя	784	60
Передние тормозные механизмы	980	100 (9)
1) износ рабочей поверхности	588	60
А) естественный износ	412	70
Б) абразивный износ	176	30
2) коробление диска	343	35
разрушение рабочей поверхности		
3) производственный брак	49	5
Задние тормозные механизмы	871	100 (8)
1) износ рабочей поверхности	784	90
А) естественный износ	431	55
Б) абразивный износ	353	45
2) производственный брак	87	10
нарушение процесса литья		
Ножной тормозной кран	217	100 (2)
1) утечка сжатого воздуха	174	80
А) старение РТИ	52	30
Б) износ уплотнителя	122	70
2) производственный брак	43	20
Ручной тормозной кран	653	100 (6)
1) утечка сжатого воздуха	174	65
А) старение РТИ	178	42
Б) износ уплотнителя	246	58
2) производственный брак	229	35
Модуляторы ABS	544	100 (5)
1) утечка сжатого воздуха	381	70
А) старение РТИ	133	35
Б) износ уплотнителя	248	65
2) короткое замыкание обмотки	163	30
А) попадание влаги	88	54
Б) окисление	75	46
Датчики ABS	762	100 (7)
1) обрыв проводки	389	51
А) естественный износ	233	60
Б) механическое воздействие	156	40
2) обрыв обмотки датчика	373	49
А) попадание влаги	149	40
Б) окисление	224	60
Рулевое управление (8250)		
Усилитель руля	4125	100 (50)
Рулевой механизм	742	100 (18)

1) зазор в зацеплении сектор-рейки	111	15		
А) естественный износ	67	60		
Б) нарушение регулировки	44	40		
2) износ шлицевых соединений входного вала	371	50		
3) течь сальников и уплотнителей	223	30		
А) превышение внутреннего давления	67	30		
Б) естественный износ	156	70		
4) производственный брак	37	5		
нарушение сборки при литье				
Гидравлический цилиндр	1031	100 (25)		
нарушение герметичности соединения поршень-цилиндр				
А) абразив в масле			155	15
Б) естественный износ			515	50
В) износ уплотнительного кольца			361	35
Насос	1856	100 (45)		
1) внутренние перетечки	835	45		
А) износ рабочей поверхности	334	40		
Б) естественный износ	501	60		
3) изменение расхода масла	650	35		
А) изменение свойств масла	130	20		
Б) неисправность редуционного клапана	520	80		
4) производственный брак	371	20		
нарушение технологии сборки				
Распределитель	495	100 (12)		
1) внутренние перетечки	148	30		
А) абразивный износ деталей	67	45		
Б) естественный износ	81	55		
2) поломка торсиона	223	45		
старение материала				
3) нарушение геометрии	124	25		
внутреннее напряжение				
Рулевая колонка	1650	100 (20)		
Рулевое колесо	495	100 (30)		
1) поломка спицы	148	30		
А) старение материала	89	60		
Б) превышение допустимой нагрузки	59	40		
2) износ шлицевого соединения	346	70		
А) недостаточная	156	45		

закреплённость		
Б) усталость металла	190	55
Механизм регулировки положения рулевого колеса	330	100 (20)
поломка фиксатора		
А) превышение допустимой нагрузки	132	40
Б) усталость металла	198	60
Карданная передача	825	100 (50)
износ подшипников		
А) отсутствие смазки	206	25
Б) естественный износ	495	60
В) превышение нагрузки	124	15
Рулевой привод	2475	100 (30)
1) зазор в шаровых пальцах	1114	45
А) естественный износ	891	80
Б) отсутствие смазки	223	20
2) производственный брак нарушение правил сборки	371	15
3) зазоры в шкворнях	990	40
А) естественный износ	647	65
Б) отсутствие смазки	346	35
Двигатель (12853)		
Кривошипно-шатунный механизм	2571	100 (20)
1) залегание и поломка поршневых колец	514	20
несоответствие масла свойствам		
2) прогар и поломка поршней некачественное топливо	386	15
3) отрыв шатунов усталость металла	283	11
4) износ шеек и поломка коленчатого вала	463	18
А) превышение нагрузок	93	20
Б) внутренние дефекты	231	50
В) скрытые дефекты	139	30
5) износ зеркала цилиндров	257	10
А) естественный износ	154	60
Б) абразивный износ	103	40
6) трещины блока цилиндров	154	6
А) резкий перепад температур	46	30
Б) несоответствие охлаждающей жидкости	77	50
В) внутреннее напряжение	31	20
7) трещины головок блока	129	5
А) резкий перепад температур	32	25

Б) несоответствие охлаждающей жидкости	77	60
В) внутреннее напряжение	19	15
8) прогар прокладок головок блока	334	13
не плотное прилегание головки к блоку		
9) пробой картера	51	2
внешнее воздействие		
Газораспределительный механизм	3856	100 (30)
1) износ и поломка шестерен привода распределительного вала	964	25
А) естественный износ	578	60
Б) масляное голодание	386	40
2) износ опор и кулачков распределительного вала	1450	35
А) масляное голодание	505	30
Б) абразив в масле	945	70
3) износ толкателей	231	6
А) масляное голодание	92	40
Б) абразив в масле	139	60
4) нарушение теплового зазора	77	2
износ элементов ГРМ		
5) прогар клапанов	578	15
А) не плотное прилегание клапана головки	115	20
Б) нарушение герметичности	463	80
б) поломка возвратных пружин клапанов	270	7
А) усталость металла	216	80
Б) внутренне напряжение	54	20
7) зависание клапанов	386	10
А) нарушение зазора между втулкой и стержнем клапана	193	50
Б) абразивный износ	116	30
В) несоответствие масла	77	20
Система питания	1928	100 (15)
1) засор фильтрующего элемента	154	8
естественный износ		
2) не герметичность топливопроводов низкого и высокого давления	135	7
ослабление штуцеров и усталость РТИ		
3) засор и поломка форсунок	193	10
А) нагарообразование	29	15

Б) потеря свойств пружины	48	25
В) износ иглы и распылителя	116	60
4) износ и поломка привода топливного насос высокого давления	771	40
А) схватывание	77	10
Б) поломка зубьев	231	30
В) усталость металла	463	60
5) износ, нарушение герметичности и поломка ТНВД	289	15
износ плунжера и гильзы		
б) выход из строя топливоподкачивающего насоса	386	20
износ плунжера и гильзы		
Система управления двигателем	514	100 (4)
1) неисправность датчиков	360	70
А) обрыв электрической цепи	108	30
Б) окисление контактов	126	35
В) попадание влаги	54	14
Г) провал элементов схемы	72	20
2) выход из строя блока ЭБУ		
нарушение контактов проводов	154	30
Система смазки	1028	100 (8)
1) износ и поломка привода масляного насоса	103	10
А) схватывание	21	20
Б) поломка зубьев	51	50
В) усталость металла	31	30
2) зависание редукционного клапана	82	8
А) попадание инородных предметов	24	30
Б) потеря упругих свойств пружины	58	70
3) зависание предохранительного и перепускного клапана	206	20
А) попадание инородных предметов	62	30
Б) потеря упругих свойств пружины	144	70
4) засор фильтров очистки масла	308	30
естественный износ		

5) засор радиатора охлаждения масла	72	7
потеря свойств масла		
6) завоздушивание системы		
недостаточный уровень масла	62	6
7) течь уплотнителей		
высокий уровень масла	154	15
8) засор вентиляции картера		
естественный износ	41	4
Система охлаждения	1285	100 (10)
1) износ и поломка привода водяного насоса	257	20
А) обрыв ремня	180	70
Б) заклинивание подшипников	77	30
2) износ и поломка привода вентилятора	244	19
А) обрыв ремня	134	55
Б) заклинивание подшипников	110	45
3) завоздушивание системы	129	10
А) воздушная пробка	77	60
Б) недостаточный уровень охлаждающей жидкости	39	30
В) некачественная охлаждающая жидкость	13	10
4) поломка, пробитие радиатора		
сильный перепад температур	193	15
5) непрочности в соединениях трубопроводов и патрубков	90	7
6) зависание термостата	321	25
А) поломка термостата	289	90
Б) попадание инородных предметов	32	10
7) производственный брак	51	4
А) нарушение правил сборки	31	60
Б) несоответствующий материал	20	40
Система подачи воздуха	900	100 (7)
1) засор фильтрующего элемента	243	27
естественный износ		
2) не герметичность системы подачи воздуха	99	11
ослабление хомутов и усталость РТИ		

3) износ и поломка турбокомпрессора	297	33
износ вала		
4) пробитие охладителя надувочного воздуха	63	7
попадание камней		
5) неисправность системы управления и самого байпасного клапана турбокомпрессора	45	5
нарушение герметичности		
6) не герметичность системы рециркуляции отработавших газов	135	15
обрыв соленоида		
7) износ и поломка клапана рециркуляции ОГ	18	2
Система выпуска отработавших газов	771	100 (6)
1) неисправность соединения выпускного коллектора	617	80
А) прогар прокладок	370	60
Б) электрохимическая коррозия	247	40
2) производственный брак	154	20
А) человеческий фактор	77	50
Б) неисправность инструмента	77	50

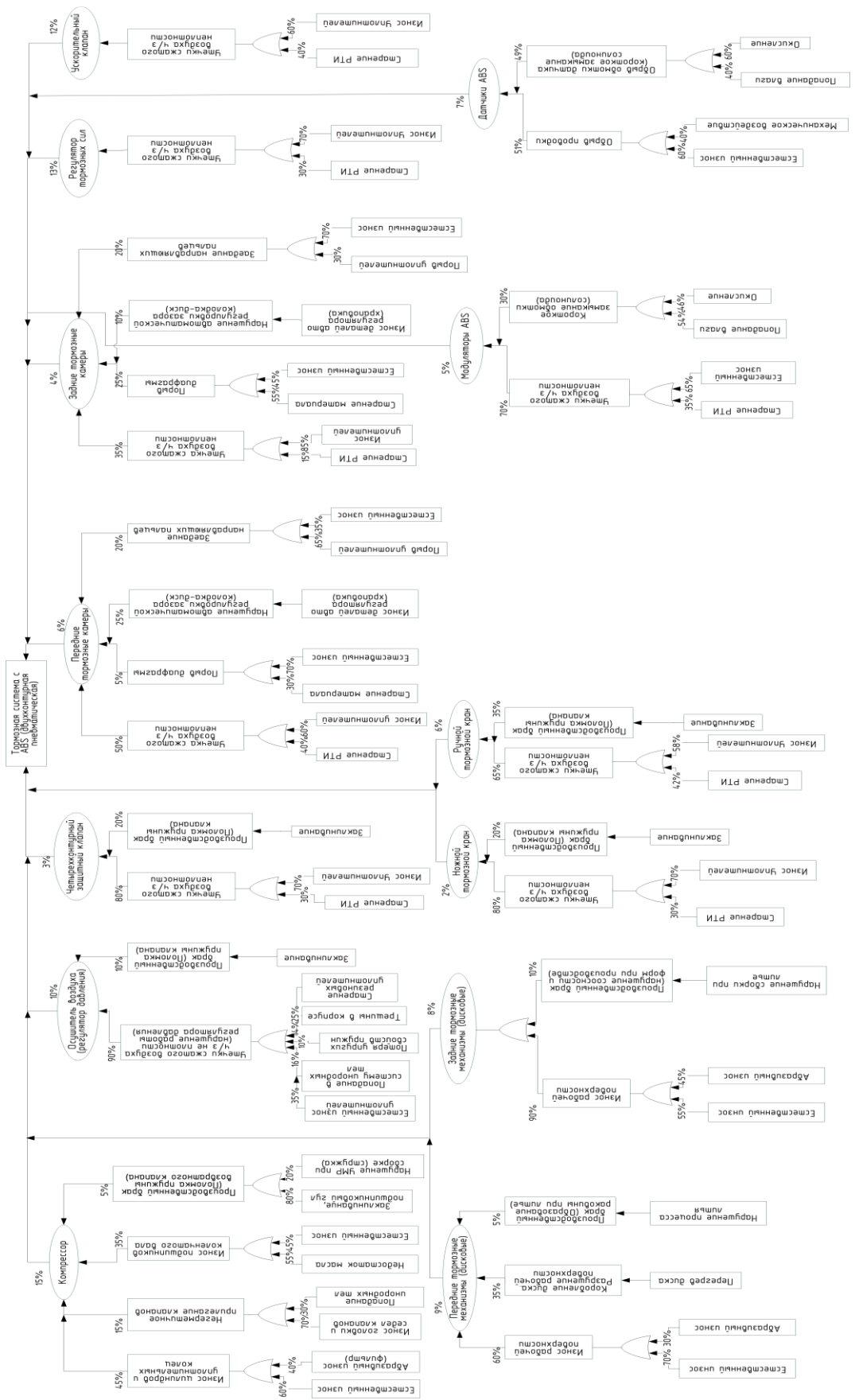


Рисунок 2.2. – Дерево отказов по тормозной системе

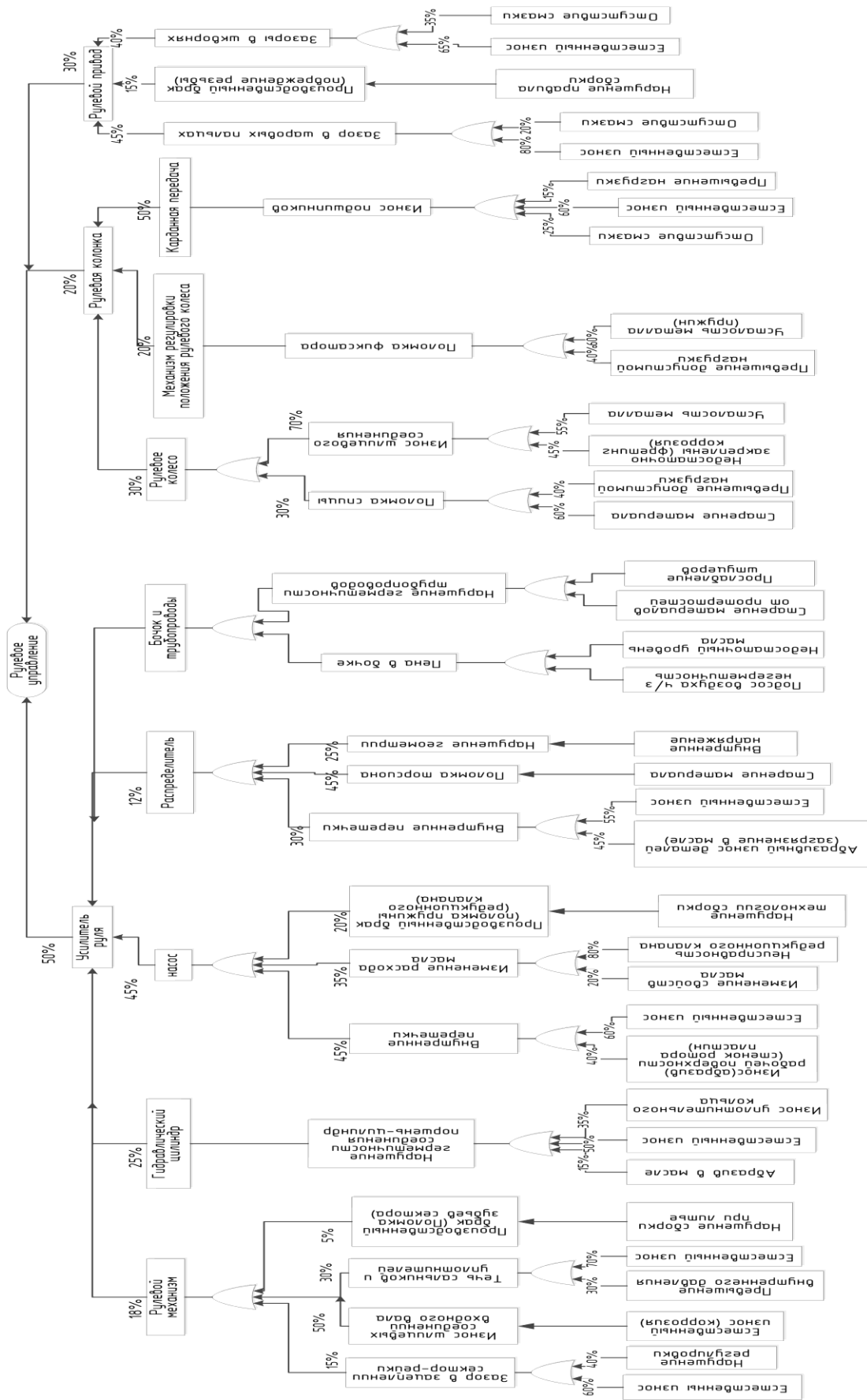


Рисунок 2.3. – Дерево отказов по рулевому управлению

2.2 FAULT TREE ANALYSIS КАК МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ

2.2.1 Сущность Fault Tree Analysis

Метод дерева отказов (Fault Tree Analysis) – это графическое представление всей цепочки событий, последствия которых могут привести к некоторому главному событию [32], в нашем случае – к отказу.

Дерево отказов (аварий, происшествий, последствий, нежелательных событий и пр.) лежит в основе логико-вероятностной модели причинно-следственных связей отказов системы с отказами ее элементов и другими событиями (воздействиями). При анализе возникновения отказа, дерево отказов состоит из последовательностей и комбинаций нарушений и неисправностей, и таким образом оно представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения [33, 34] (рисунок 1.1).

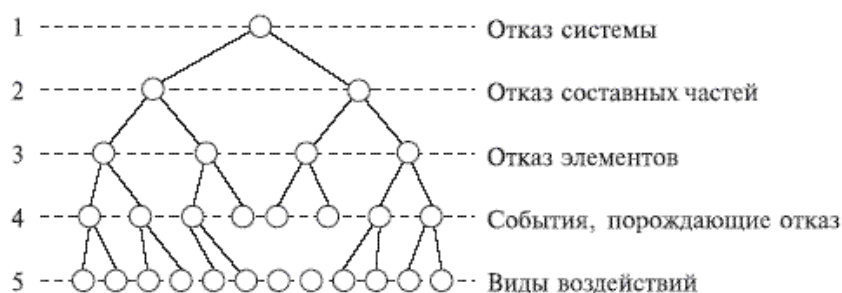


Рисунок 2.4 – Условная схема построения дерева отказов

В этом способе реализован дедуктивный метод (причины – следствия), что наделяет метод самыми серьезными возможностями по поиску корневых причин событий для статичных систем, так как дает наглядную и подробную схему взаимосвязей элементов инфраструктуры и событий, влияющих на их надежность.

Анализ дерева отказов (ФТА) – метод анализа отказов сложных систем, в котором нежелательные состояния или отказы системы анализируются с помощью методов булевой алгебры, объединяя последовательность нижестоящих событий (отказов низшего уровня), которые приводят к отказу всей системы.

Анализ дерева отказов интенсивно используется в различных отраслях, например, машиностроении, чтобы понять, как система может выйти из строя, выявить способ уменьшения рисков или определения частоты системного отказа.

Анализ дерева отказов эффективно используется в аэрокосмической отрасли, атомной энергетике, химической и перерабатывающих отраслях, в фармацевтической, нефтехимической и других, связанных с высокой степенью риска.

В аэрокосмической отрасли используется более общий термин «Условие отказа системы» для обозначения «нежелательного состояния»/ Верхнего события дерева неисправностей.

Условия отказа классифицируются по тяжести последствий. Наиболее тяжелые условия требуют наиболее обширного анализа дерева отказов.

Эти «условия отказа системы» и их классификация часто предварительно определяются в функциональном анализе опасностей и рисков возникновения отказов.

FTA или АДО эффективно используются, чтобы:

Понимать логику, ведущую к верхнему событию/нежелательному состоянию (отказу системы).

Показать соответствие с системой безопасности/требованиям к надежности.

Ранжировать участников, ведущих к вершине – создание важного оборудования/запчастей/списков событий.

Мониторить и контролировать показатели состояния сложных систем.

Минимизировать и оптимизировать ресурсы.

Помочь в проектировании системы. FTA может быть использован как средство проектирования, которое помогает создать требования.

АДО может быть использован в качестве диагностического инструмента для выявления и исправления причин верхнего события. Это может помочь с созданием диагностических руководств / процессов.

2.2.2 История

FTA был первоначально разработан в 1962 году в «Bell Laboratories» Уотсоном, по контракту с подразделением баллистических систем ВВС США для того, чтобы оценить систему Launch Control межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) Minuteman I.

Использование деревьев неисправностей с тех пор получило широкую поддержку и часто используется экспертами в качестве инструмента анализа отказов по степени надежности.

После первого использования опубликованных результатов использования АДО в 1962 для запуска исследования контроля безопасности Minuteman I, Boeing и AVCO нашли расширенное применение FTA для всей системы Minuteman II в 1963-1964 гг. FTA получил широкое освещение в 1965 году на симпозиуме по системам безопасности в Сиэтле при поддержке Boeing и Вашингтонского университета. Boeing начал использовать АДО для гражданских самолетов дизайна 1966 года.

В 1970 году Федеральная авиационная администрация США (FAA) опубликовало изменения в 14 CFR 25,1309 норме летной годности для самолетов транспортной категории в Федеральном реестре на 35 FR 5665 (1970-04-08). Это изменение принимало критерий вероятности отказа для самолетных систем и оборудования, что привело к широкому использованию FTA в гражданской авиации.

В пределах индустрии атомной энергетики, комиссия ядерного регулирования США начала использовать методы вероятностной оценки риска (probabilistic risk assessment methods (PRA)), включая FTA в 1975 году, и значительно расширила исследования после инцидента в 1979 году на Три-Майл-Айленд. В конечном итоге это привело к публикации комиссией ядерного регулирования справочника по дереву неисправностей 1981 году, и к обязательному использованию PRA органов, которые она регулирует.

После следующих случаев промышленных бедствий, таких как Бхопальская катастрофа(1984) и взрыв на нефтяной платформе Piper Alpha (1988), в 1992 году

										Лист
										55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

Департамент труда США о безопасности и гигиене труда (OSHA) опубликовал в Федеральном реестре на 24.02.1992 свой процесс управления безопасностью полетов (PSM). OSHA PSM признает АДО как приемлемый метод для анализа опасностей (РНА).

FTA состоит из логических схем, которые отображают состояние системы, и построен с использованием графических методов проектирования.

Первоначально, инженеры были ответственны за развитие FTA, так как требовалось глубокое знание анализируемой системы.

Часто FTA определяется как другая часть, или метод, или надежность техники. Хотя в обеих моделях одинаковый основной аспект, они возникли из двух разных точек зрения. Надежность техники была, по большей части, разработана математиками, а открыта – инженерами.

FTA обычно включает в себя события изнашивания аппаратных средств, материала, неисправности или сочетания детерминированных вкладов в событие.

Частота отказов оценивается из исторических данных, таких как среднее время между отказами компонентов, блоков, подсистем или функций.

Прогнозирование и введение человеческого процента ошибок не является основной целью анализа дерева отказов, но он может быть использован, чтобы получить некоторое знание того, что происходит с человеческим неправильным вводом или после вмешательства в неподходящее время.

FTA может использоваться как ценный инструмент проектирования, который может выявить потенциальные отказы, позволяя исключить дорогостоящие конструктивные изменения.

FTA также может быть использован в качестве диагностического инструмента, предсказания вероятных системных ошибок при сбое системы.

Методика

АДО методика описана в нескольких отраслевых и государственных стандартах: NUREG СРН-0492 для атомной энергетики. Ориентированная на космос версия этого стандарта используется NASA, стандарт SAE ARP4761 для гражданской аэрокосмической отрасли, MIL-HDBK-338 – для военных систем.

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

IEC стандарт предназначен для межотраслевого использования и был принят в качестве европейского стандарта EN 61025.

Так как ни одна система не совершенна, имеем дело с неисправностью подсистем. Любая работающая система в конечном итоге будет иметь неисправность в каком-нибудь месте.

Однако вероятность полного или частичного успеха выше полной или частичной неисправности.

Проведение FTA таким образом, не так утомительна, как построение дерева успехов.

Поскольку FTA для всей системы может быть дорогостоящим и громоздким, разумный метод заключается в рассмотрении подсистем.

Таким образом, решение небольшими системами может обеспечить меньшую вероятность ошибки работы, меньше системного анализа. После этого подсистемы интегрируются для образования хорошо проанализированной большой системы.

Нежелательное последствие берется в качестве корневого («главное событие») дерева логики. Логика для того, чтобы добраться до верхнего события может быть разнообразной.

Один из типов анализа, который может помочь - функциональный анализ опасности, основанный на опыте. Там должно быть только одно главное событие, и все задачи дерева должны идти вниз от него.

Затем каждая ситуация, которая может привести к такому эффекту, добавляется к дереву в виде серии логических выражений. Когда деревья отказов помечены реальными цифрами о вероятности неудачи, компьютерные программы могут вычислить вероятности неисправности из дерева неисправностей.

Дерево, как правило, написано с использованием обычных логических символов. Маршрут между событием и инициатором события называется сечением. Самый короткий путь от неисправности до исходного события называется минимальное сечение.

Некоторые отрасли промышленности используют как деревья отказов, так и деревья событий (см. PRA). Событие дерева начинается от нежелательного

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

инициатора (потеря критического питания, отказа компонентов и т.д.) и следует возможным дальнейшим событиям системы через ряд окончательных последствий.



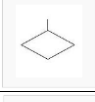
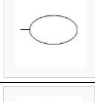
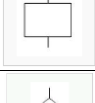
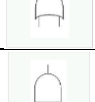

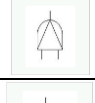
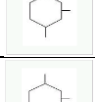

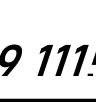
Новый узел на дереве добавляет разделяет вероятность, таким образом последовательно может быть обнаружена вероятность ряда верхних событий, связанных с исходным.

2.2.3 Символы

Основные символы, используемые при построении дерева отказов, делятся на символы событий, элементов и передачи.

Символы событий используются для первичных и промежуточных событий. Первичные события далее не развиваются на дереве отказов. Промежуточные события находятся на выходе элементов.

Таблица 2.2. – Символы дерева отказов

Обозначение	Внешний вид
Основное событие	
Внешнее событие	
Неразвитое событие	
Принадлежность события	
Промежуточное событие	
Элемент «ИЛИ»	
Элемент «И»	
Исключительный элемент «ИЛИ»	
Приоритетный элемент «И»	
Блокирующий элемент	
Блокирующий элемент	

Вход	
Выход	

Символы первичных событий, как правило, используются следующим образом:

1. основное событие - сбой или ошибка в компоненте системы или элементе;
2. внешнее событие - обычно ожидается;
3. неразвитое событие - событие, о котором не имеется достаточной информации или которое не имеет никакого значения.
4. промежуточное событие можно использовать непосредственно над первичным событием, чтобы обеспечить больше места для ввода описания события. АДО использует движение сверху вниз.

Символы элементов описывают отношения между входными и выходными событиями.

Элементы работают следующим образом:

элемент «ИЛИ» - выходное событие происходит, если есть любое входное событие;

элемент «И» - выходное событие происходит только тогда, когда происходят все входные;

исключительный элемент «ИЛИ» - выходное событие происходит, если происходит только одно входное событие;

приоритетный элемент «И» - выход происходит, если входы происходят в определённой последовательности указанного события;

блокирующий элемент – выход происходит, если вход происходит при благоприятных условиях для указанного события;

элементы передачи используются для соединения входов и выходов соответствующих деревьев отказов, таких как дерево отказов подсистемы в своей системе.

2.2.4 Базовая математическая основа

События в дереве отказов связаны со статистической вероятностью, иными словами, вероятность каждого события оценивается на практике.

Например, сбои в работе компонентов, как правило, происходят с некоторой постоянной интенсивностью λ .

В этом простейшем случае вероятность отказа зависит от интенсивности λ , времени t и описывается экспоненциальным законом:

$$P = 1 - \exp(-\lambda t)$$

$$P \approx \lambda t, \lambda t < 0.1$$

Вероятность того, что отказ данного узла или компоненты оборудования произойдет в течение t часов эксплуатации системы, равна $1 - \exp(-\lambda t)$.

Дерево отказов часто нормировано на заданном временном интервале, например, час полета или среднее время.

Вероятность события зависит от отношения функции опасности к данному интервалу.

В отличие от обычных диаграмм логических символов, в которых входы и выходы принимают двоичные значения (Правда – 1, ложь – 0), символы вероятности выходного события дерева отказов связаны с набором операций булевой логики.

Вероятность выходного события зависит от вероятности события входа.

Символ «И» представляет собой сочетание независимых событий. Это значит, что любое событие входа не зависит от других событий входа. По теории множеств это равнозначно пересечению событий входа, вероятность выхода определяется по формуле:

$$P(A \text{ and } B) = P(A \cap B) = P(A)P(B)$$

«ИЛИ», наоборот, соответствует объединению.

$$P(A \text{ or } B) = P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

Так как вероятность отказа в дереве отказов, как правило, небольшая (<0.01), $P(A \cap B)$ обычно становится очень малым, выход символа «ИЛИ» может быть приблизительно оценен из предположения, что входы – взаимоисключающие события:

$$P(A \text{ or } B) \approx P(A) + P(B), P(A \cap B) \approx 0$$

Исключающий символ «ИЛИ» с 2 входами представляет собой вероятность того, что активны либо один, либо другой вход, но не оба одновременно:

$$P(A \text{ xor } B) = P(A) + P(B) - 2P(A \cap B)$$

Т.к. $P(A \cap B)$ обычно мало, исключаящее «ИЛИ» имеет ограниченное значение в дереве отказов.

2.2.5 Анализ

Многие различные подходы могут быть использованы для моделирования ФТА, но наиболее распространенные способы могут быть сведены в несколько шагов.

Одиночное дерево отказов используется для анализа только одного нежелательного события (верхнего), которое потом становится в другом дереве неисправностей основным событием.

Хотя природа нежелательного события может значительно варьироваться, ФТА использует одну и ту же природу для любого нежелательного события, например, задержка в 0,25 м/сек для получения электрической энергии или незамеченный пожар в грузовом отсеке.

Из-за затрат ФТА применяется только для серьезных нежелательных последствий.

ФТА включает 4 шагов:

Определить нежелательное событие.

Определение нежелательного события может быть очень трудным, хотя некоторые события просты и очевидны для наблюдения.

Инженер с широким знанием конструкций системы или системный аналитик с техническим образованием является лучшим человеком для определения и подсчета нежелательных событий.

Нежелательное событие используется для построения дерева отказов, одно событие для одного дерева.

Никакие 2 события не могут быть использованы для построения одного дерева отказов.

После того как нежелательное событие выбрано, все причины, которые влияют на нежелательное событие, с вероятностями 0 и более изучаются и анализируются.

Получение точной цифры для вероятностей приводит к событию, которое обычно невозможно по причине того, что предсказать его может быть очень дорого и затратно по времени.

Компьютерное программное обеспечение используется для изучения вероятностей, что позволяет снизить стоимость системного анализа.

Системный анализ может помочь в понимании всей системы. Разработчики систем располагали полной информацией о системе, и это знание очень важно для того, чтобы не пропустить причины, влияющие на нежелательное событие.

Для выбранного события все причины нумеруются, затем группируются в порядке появления и используются для следующего шага, который рисует и выстраивает дерево отказов.

Построение дерева отказов на основе изученных причин.

После выбора нежелательного события и анализа системы, такого, что мы знаем все вызываемые эффекты (и возможно их вероятности), мы можем построить дерево отказов. Дерево отказов основано на символах «И» и «ИЛИ», определяющих основные характеристики дерева неисправностей.

Ценность дерева отказов заключается в следующем:

- анализ ориентируется на нахождение отказов;
- позволяет показать в явном виде ненадежные места;
- обеспечивается графикой и представляет наглядный материал для той части ИТ специалистов, которые принимают участие в обслуживании системы;
- дает возможность выполнять качественный или количественный анализ надежности системы;

– метод позволяет специалистам поочередно сосредотачиваться на отдельных конкретных отказах системы;

– обеспечивает глубокое представление о поведении системы и проникновение в процесс ее работы;

– является средством общения специалистов, поскольку они представлены в четкой наглядной форме;

– помогает дедуктивно выявлять отказы;

– дает конструкторам, пользователям и руководителям возможность наглядного обоснования конструктивных изменений или установления степени соответствия конструкции системы заданным требованиям и анализа компромиссных решений;

– облегчает анализ надежности сложных систем.

Главное преимущество метода построения дерева отказов заключается в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к данному конкретному отказу системы или аварии.

Недостатки дерева отказов состоят в следующем:

– реализация метода требует значительных затрат средств и времени, так как увеличение детальности рассматриваемой инфраструктуры приводит к геометрическому увеличению числа влияющих событий;

– дерево отказов представляет собой схему булевой логики, на которой показывают только два состояния: рабочее и отказавшее;

– трудно учесть состояние частичного отказа элементов, поскольку при использовании метода, как правило, считают, что система находится либо в исправном состоянии, либо в состоянии отказа;

– трудности в общем случае аналитического решения для деревьев, содержащие резервные узлы и восстанавливаемые узлы с приоритетами, не говоря уже о тех значительных усилиях, которые требуются для охвата всех видов множественных отказов;

									<i>Лист</i>
									<i>63</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>	<i>РКР 2.3 П.3 П.3 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>				

– требует от специалистов по надежности глубокого понимания системы и конкретного рассмотрения каждый раз только одного определенного отказа;

– дерево отказов описывает систему в определенный момент времени (обычно в установившемся режиме), и последовательности событий могут быть показаны с большим трудом, иногда это оказывается невозможным. Это справедливо для систем, имеющих сложные контуры регулирования, в таких случаях, как правило, обращаются к методам, основанным на стохастических (случайных) процессах.

2.2.6 Существующий опыт применения Fault Tree Analysis

Авторы [17] предложили использовать Fault Tree Analysis для прогнозирования неизбежных отказов крупномасштабных систем хранения данных. Их исследования доказали, что для таких технических систем, в которых снижение производительности происходит постепенно, модель, основанная на дереве решений, прогнозирует до 99,99% отказов, а уровень ложных тревог составляет менее 0,001%.

Исследование [27] является хорошим примером применения Fault Tree Analysis. Авторы использовали этот метод, так как по сравнению относительно простой, но эффективный способ анализа причин смога. Полученные результаты ранжирования влияния 12 основных событий на верхнее событие показали, что заторы на дорогах, переизбыток транспортных средств, плохой надзор и эксплуатация транспортных средств старше 8-10 лет оказывают наибольшее влияние. Эти результаты соответствуют здравому смыслу и подтверждают эффективность метода Fault Tree Analysis.

В статье [35] внедряют дерево отказов для точного обнаружения и диагностики отказов. Эксперты в промышленных процессах полагаются на хранилища знаний о предметной области (ДК) для выявления причин нештатных ситуаций, чтобы принимать соответствующие решения, которые смягчают негативные последствия таких событий. Эти ДК-репозитории должны постоянно пополняться и обновляться по мере возникновения неожиданных событий.

Распространенным методом анализа причинно-следственных связей в хранилищах ДК является анализ дерева отказов (FTA). Основным ограничением обновления дерева отказов является то, что оно требует глубоких системных знаний, что предполагает высокий уровень человеческого опыта. Эксплуатация данных, основанная на машинном обучении (ML), может устранить это ограничение путем глубокого анализа исторических данных процесса, чтобы обнаружить скрытые явления, которые специалистам-людям трудно идентифицировать и анализировать. В этой статье предлагается инновационная методология, которая объединяет знание предметной области в форме FTA с дополнительными знаниями, извлеченными с помощью описательного метода ML, называемого логическим анализом данных (LAD). Более конкретно, LAD является методом классификации, который предоставляет в качестве побочного продукта набор интерпретируемых правил (шаблонов), объясняющих результаты классификации. Образцы, извлеченные из исторических данных, представляют собой важный и дополнительный источник знаний, который дает экспертам понимание и позволяет им лучше понимать операции процесса. Целью использования этих шаблонов в предлагаемой методологии является обеспечение автоматического обогащения и обновления существующих деревьев отказов с целью обеспечения точного обнаружения и диагностики отказов (FDD) в промышленных процессах. Предложенная методология демонстрируется с использованием деревьев отказов, построенных для двух разных систем в обрабатывающей промышленности. Дерево отказов для каждой системы было успешно обновлено с минимальными усилиями экспертов по процессу.

Анализ дерева отказов (FTA) как эффективный и действенный инструмент оценки риска широко используется для анализа надежности сложной системы [36]. В этом контексте FTA может должным образом улучшить показатели безопасности системы, предотвращая событие, которое может привести к катастрофической аварии. Однако традиционное соглашение о свободной торговле все еще страдает от демонстрации динамической структуры и, что важно, от обработки эпистемической неопределенности. В этом исследовании вводится новая

						Лист
					РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП	65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

методология с использованием байесовского механизма обновления для работы с динамической структурой, а 2-кратный нечеткий набор, называемый интуиционистскими нечеткими числами, используется для того, чтобы справиться с субъективностью обработки неопределенности. Соответственно, наиболее важные компоненты системы, которые влияют на надежность системы, распознаются с использованием соответствующего метода анализа чувствительности. Предложенная методология затем применяется в реальных примерах (система заполнения тормозной жидкостью), чтобы изучить эффективность и осуществимость подхода. Результаты показали, что новая методология может иметь достаточно преимуществ для диагностики отказов системы по сравнению с перечислением подходов анализа безопасности и надежности. С точки зрения эмпирического тематического исследования «отказ электродвигателя» оценивался как второе наиболее критическое базовое событие в традиционных подходах, тогда как в новой методологии «сжиженный материал высокого давления» был признан вторым.

Когда механическая система выходит из строя, самое главное, чтобы найти место неисправности и причины быстро и точно [37]. На основе мета-действия, эта статья предлагает всеобъемлющий, качественный и количественный метод диагностики неисправностей, состоящий из анализа дерева неисправностей и доказательной сети для анализа неисправностей механической системы. Во-первых, мы расширяем метод разложения функция-движение-действие, пересматриваем определения единицы мета-действия и мета-действия, полученной из разложения функция-движение-действие сложной механической системы, используем подход анализа дерева отказов для анализа неисправностей. единицы мета-действия вместо системы напрямую, и создайте модель анализа дерева отказов мета-действия (MU-FTA) с простыми уровнями. Эти действия могут значительно упростить качественную диагностическую модель. Во-вторых, модель MU-FTA отображается на модель доказательной сети в соответствии с их сходством. Наконец, мы объединяем данные послепродажного обслуживания и информацию об опыте экспертов по правилу комбинирования Демпстера для

расчета базовых вероятностных назначений родительских узлов в нижнем слое модели доказательной сети. Таким образом, базовые вероятностные присвоения единиц мета-действия получают посредством передачи по сети и получают диагностическое заключение. Диагностика неисправностей определенного типа числового программного проигрывателя проводится в качестве примера, чтобы продемонстрировать и проверить осуществимость и эффективность предложенного подхода.

Анализ дерева отказов (FTA) является важным методом анализа в разработке систем безопасности, однако этот метод может использоваться только для анализа конкретной аварии, но не может проанализировать весь процесс ее генерации и разработки [38]. После возникновения главного события последствия первоначальной аварии, вероятно, расширяются, что приводит к расширению аварии из-за появления некоторых специфических факторов. С этой целью концепция эволюционирующего дерева неисправностей предлагается для рационализации исходного дерева неисправностей. Путем рассуждений о последствиях эволюционирующее дерево неисправностей строится на основе исходного дерева неисправностей. Впоследствии, посредством качественного и количественного расчета развивающегося дерева неисправностей, причина аварии и логическая связь между факторами аварии дополнительно раскрываются для определения контрольных точек для аварий. Это помогает при уменьшении и даже предотвращении возникновения аварий.

Городские развязки, как правило, представляют серьезную угрозу безопасности, и большинство аварий в городских районах происходит в местах или вблизи развязок [39]. Факторы, влияющие на серьезность аварии на стыках, были изучены, но уровни риска аварии и модели серьезности аварии различных типов соединений практически не исследовались. Чтобы заполнить этот пробел, в этом исследовании были проанализированы показатели безопасности шести типов перекрестков и факторы, способствующие серьезности аварий, чтобы помочь городским транспортным органам внедрить эффективные контрмеры. Анализ дерева отказов (FTA) был применен для оценки риска городских перекрестков, а

алгоритм правил ассоциации (AR) использовался для анализа характера серьезности аварий на основе данных из базы данных STATS19 Великобритании с 2012 по 2016 год. В целом, четыре типа городских соединений с высоким уровнем риска аварии и более 4000 AR, способствующих серьезности аварии, определены в настоящем документе. Результаты показывают, что: (а) кольцевые и мини-кольцевые дороги имеют самые низкие показатели смертности и несчастных случаев, в то время как Т-образные или ступенчатые перекрестки и перекрестки имеют самые высокие уровни риска аварий; (b) ФТА может давать неточные результаты из-за неправильных логических элементов, но AR может генерировать реальные потенциальные взаимосвязи между серьезностью аварии и факторами риска; (c) закономерности серьезности аварии довольно сложны, и взаимозависимость между факторами риска различна для каждого типа соединения; (d) факторы риска, такие как водитель мужского пола, отсутствие физических переездов в пределах 50 метров, а также расшатывание или неконтролируемый перекресток, часто встречаются на перекрестках высокого риска в ночное время.

2.3 ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ФТА

В данной выпускной квалификационной работе проводился статистический анализ на основании статистики отказов для автомобилей Камаз. В ходе работы было определено процентное соотношение наиболее частых поломок, что позволит качественно и без потерь времени устранить выявленную неисправность. Полученные данные были занесены в дерево отказов для каждой системы. Рассмотрим подробнее как же работает данный процесс. После того как автомобиль заезжает на ТО и ТР в первую очередь необходимо выявить неисправность. Для этого нужно провести диагностику всей системы автомобиля. С помощью диагностики, на основании статистики данных мы определим наиболее вероятную поломку и найдем пути ее устранения.

					РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		68

Для решения задач по оценке надежности и прогнозированию работоспособности объекта необходимо иметь математическую модель, которая может быть представлена аналитическими выражениями одного из показателей:

$P(t)$ – вероятность безотказной работы;

$f(t)$ – плотность распределения вероятности безотказной работы;

$\lambda(t)$ – интенсивность отказов.

Основной путь для получения модели состоит в проведении испытаний, вычислении статистических оценок и их аппроксимации аналитическими функциями.

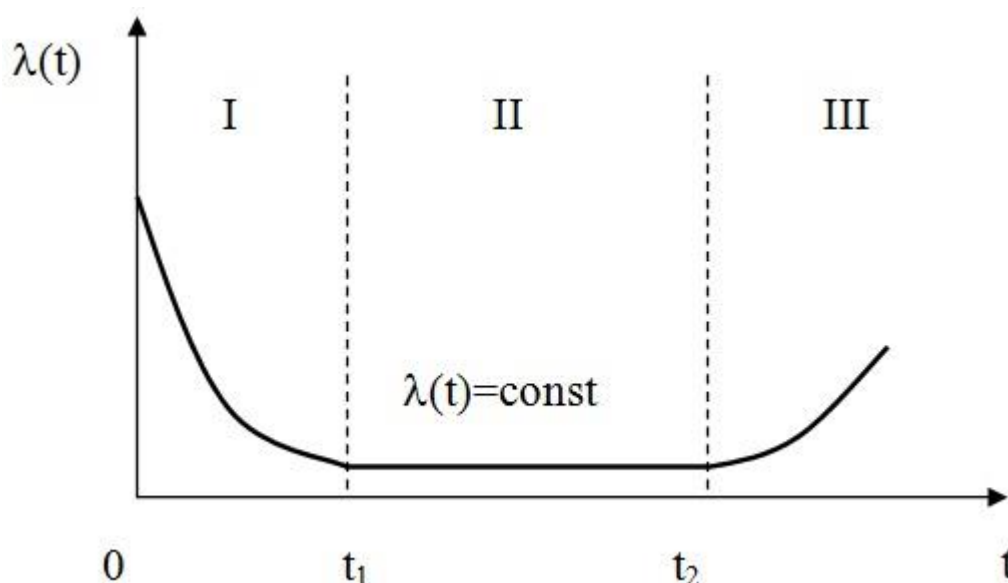


Рисунок 2.5 - Изменение интенсивности отказов [26]

Кривую можно условно разделить на три характерных участка:

I участок – период приработки;

II участок – период нормальной эксплуатации;

III участок – период интенсивного износа.

Период приработки изделие имеет повышенную интенсивность отказов. Это так называемые приработочные отказы, обусловленные дефектами производства, монтажа, наладки. Этот период либо совпадает с гарантийным периодом, устанавливаемым изготовителем, либо является его частью, когда гарантийный период включает участок приработки и часть участка нормальной эксплуатации.

В период нормальной эксплуатации интенсивность отказов уменьшается и практически остается постоянной, при этом отказы носят случайный характер и появляются внезапно, прежде всего, из-за несоблюдения условий эксплуатации, случайных изменений нагрузки, неблагоприятных внешних факторов и т.п. Этот период соответствует основному времени эксплуатации объекта.

Третий период характеризуется возрастанием интенсивности отказов, что вызвано увеличением их числа вследствие износа, старения и других причин, связанных с длительной эксплуатацией.

Поскольку характер кривой свидетельствует о наличии трех участков, описывающихся разными зависимостями, то очевидным является различие причин (или сочетания факторов), вызывающих возникновение отказов. Следовательно, данные периоды должны рассматриваться в отдельности. Поэтому важным вопросом является выявление моментов изменения характера зависимости интенсивности отказов

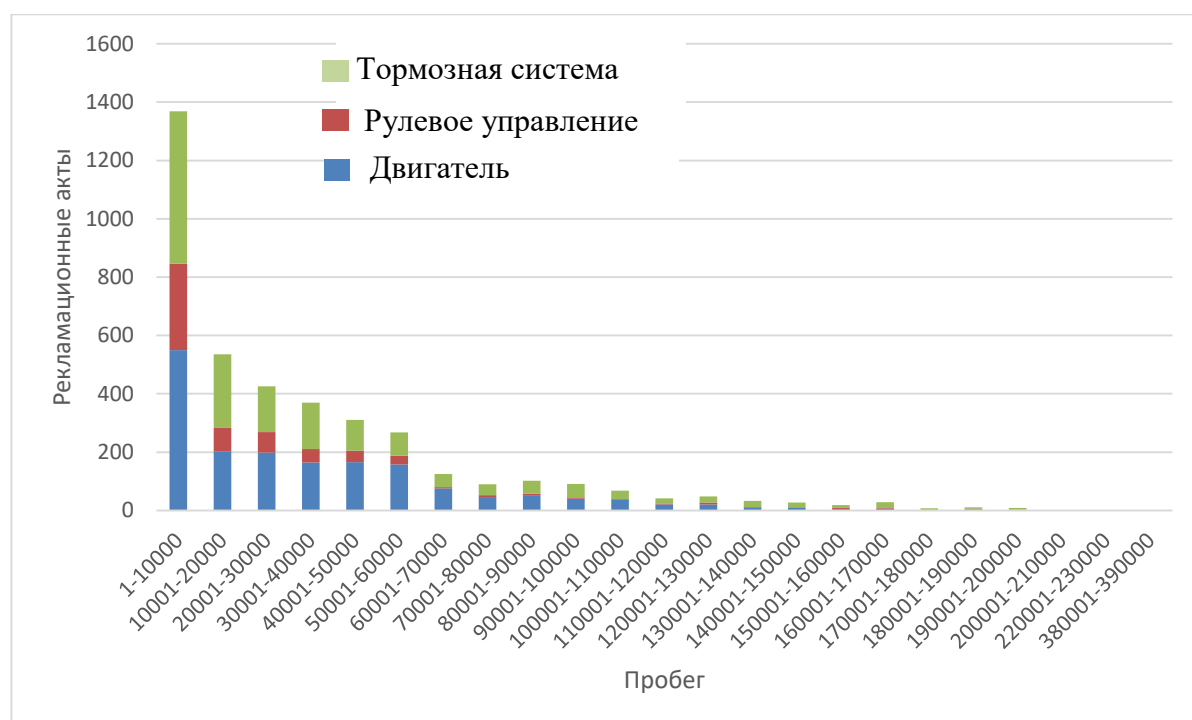


Рисунок 2.6 - Зависимость количества неисправностей от пробега

Таблица 2.3 – Количество неисправностей по пробегу

	Количество неисправностей			
	Двигатель	Рулевое управление	Тормозная система	Общий итог
Пробег				
1-10000	795	353	717	1865
10001-20000	373	125	299	797
20001-30000	292	62	152	506
30001-40000	203	53	90	346
40001-50000	130	32	74	236
50001-60000	85	13	22	120
60001-70000	16	9	13	38
70001-80000	15	1	5	21
80001-90000	4	3	7	14
90001-100000	5	2	2	9
100001-110000	1	1	5	7
150001-160000	3			3
130001-140000			1	1
120001-130000	1			1
110001-120000			1	1
Общий итог	1923	654	1388	3965

2.4 ВЫВОДЫ

В данной главе были рассмотрены существующие методы прогнозирования отказов. Изучен процесс составления дерева отказов и на основе этих данных разработаны деревья отказов для тормозной системы, двигателя и рулевого управления. После этого произведен расчет статистических данных для выявления наиболее часто возникающих отказов.

3. ВНЕДРЕНИЕ ФТА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

					<i>ВКР 23.03.03.19.1115.07.00.00.00. ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Гиниятуллин</i>				<i>Применение метода ФТА в ООО АвтоЗапчасть КАМАЗ для совершенствования процесса обслуживания автомобилей</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Шубенкова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Шубенкова</i>					<i>НЧИ КФУ, гр. 1151115</i>		
<i>Утверд.</i>	<i>Макарова И.В.</i>							

3.1. ОПЫТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ АВТОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Компания Mercedes считает, что снижение эксплуатационных расходов, повышение надежности и повышение производительности - вот три главные цели, к которому должны стремиться ведущие специалисты.

Техническое обслуживание, рассматриваемое как функция без добавленной стоимости, становится все более востребованной. Вносит все больший вклад в сокращение затрат, сохраняя отличное рабочее состояние, удовлетворяя строгим требованиям безопасности и эксплуатации.

Производители и операторы используют множество стратегий технического обслуживания для решения этой проблемы, и все они могут быть в общих чертах классифицированы следующим образом:

- Корректирующее обслуживание
- Профилактическое обслуживание
- Предиктивное обслуживание

Корректирующее обслуживание - это классическое реактивное обслуживание, работающее на отказ, которое не имеет специального плана обслуживания. Предполагается, что машина пригодна, если не доказано иное.

Профилактическое обслуживание (PM) - это популярная стратегия периодического обслуживания, которая сегодня активно применяется всеми производителями и операторами в отрасли. Предварительно рассчитывается (во время проектирования или установки компонентов на основе широкого спектра моделей, описывающих процесс деградации оборудования, структуру затрат и допустимое обслуживание и т. д.), и составляется график профилактического обслуживания. Техническое обслуживание проводится в эти периодические интервалы, если предположить, что в противном случае машина сломается.

Predictive Maintenance (PdM) является новой альтернативой двум вышеупомянутым. Предиктивная аналитика данных в реальном времени, собранных (передаваемых) от частей машины к централизованному процессору, который обнаруживает изменения в функциональных параметрах и обнаруживает

										Лист
										73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

аномалии, которые потенциально могут привести к поломкам. РМ в режиме реального времени помогает выявить функциональные сбои задолго до того, как они произойдут, но скоро после того, как их потенциальная причина возникает [40].

В связи с этим автопроизводители по всему миру разрабатывают новые методы прогнозирования отказов и алгоритмы диагностирования систем автомобиля.

Один из методик, который использует Mercedes для достижения этих целей, основана на методе Decision Trees для изучения закономерностей данных и определения, какие характеристики оказали влияние на те или иные результаты [41].

Шведский автопроизводитель Volvo имеет репутацию как одной из самых безопасных компаний, поэтому он стремится минимизировать влияние механических или системных сбоев. Их система раннего предупреждения анализирует более миллиона событий каждую неделю, чтобы определить их отношение к частоте поломок и отказов [42].

При классической прогностической проблеме технического обслуживания, данные, такие как диагностические коды неисправностей (DTC) и другие параметры автомобиля (например, показания одометра, скорость автомобиля, температура двигателя), крутящий момент и т. д.) передаются в потоковом режиме с транспортного средства.

Например, автомобиль эксплуатируется в течение 5 месяцев и в течение этого периода выдает несколько кодов неисправности вместе с другими параметрами автомобиля. В конце 5-го месяца у машины была незапланированная работа по передаче в сервисном центре. Начиная с первого месяца машина все время выпускала коды DTC. Это незапланированное задание на передачу могло быть предсказано на основе кодов неисправности, которые были выпущены вместе с другими параметрами транспортного средства.

DTC - это буквенно-цифровые коды, которые выдают бортовые диагностические системы в автомобиле, и они обычно сигнализируют, когда

										Лист
										74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

датчик транспортного средства сообщает значения за пределами нормального или принятого диапазона. Проблемы с прогнозирующим обслуживанием являются сложными, поскольку сигналы DTC не всегда являются симптомом последующего ремонта. Например, DTC может указывать или сообщать о неисправности датчика, но это может быть вызвано отслеживаемыми системами или другими неисправными датчиками, которые чрезмерно компенсируют.

Чтобы усложнить проблему, несколько внеплановых ремонтов или работ могут быть выполнены в один и тот же день. Кроме того, некоторые коды неисправности могут вызывать «Check Engine Light», но фактический ремонт может быть не сразу виден из кода неисправности. В этих случаях обученный механик определит наилучшие действия на основе одного или нескольких кодов неисправности. Но создание комплексного, детализированного подхода к диагностике на основе правил трудно построить. Тем не менее, существует разумная гипотеза - учитывая достаточно большое количество прошлых ремонтов, выполненных людьми и DTC, приведшими к ремонту, подход, основанный на данных, основанный на машинном обучении, может вывести отношения между DTC и ремонтами.

Решение проблемы профилактического обслуживания выгодно нескольким сторонам. Автопроизводители получают возможность отслеживать проблемы с их транспортными средствами и потенциально предотвращать отзыв NHTSA. Он также служит мощным инструментом обеспечения качества, потенциально выявляя неисправные / ненадежные детали путем анализа корреляций и причин данных датчика и ремонтных работ. Для дилеров он предоставляет инструмент для мониторинга транспортных средств на наличие потенциальных проблем, которые они могут довести до сведения материнской автомобильной компании или клиента. И этот тип обслуживания клиентов имеет высокую вероятность повышения рейтинга удовлетворенности клиентов.

Решением также может служить цифровой помощник механиков, работающих на автомобиле. Для компаний по управлению автопарком это дает представление об активах и операциях - они могут определить, какие транспортные

					ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		75

средства могут быть сняты с дороги для ремонта, что позволяет им лучше управлять своим парком. Наконец, конечному клиенту, возможно, не придется иметь дело с неожиданным или внеплановым ремонтом автомобиля и получать немедленные, прогнозирующие предупреждения о возможных критических неисправностях.

Существует два основных источника данных, необходимых для определения взаимосвязи между кодами неисправности и ремонтами:

- 1) данные датчика транспортного средства, включая коды неисправности и другие параметры автомобиля;
- 2) данные о ремонте и диагностике ремонта от автосалона или автомехаников.

Для первого набора данных производители автомобилей по-разному подходят к выборке и передаче данных. Некоторые автомобильные компании регистрируют параметры транспортного средства только во время появления кода неисправности, в то время как другие производят выборку параметров транспортного средства на высоких частотах (например, раз в секунду). Естественно, с точки зрения науки о данных и машинного обучения - чем больше данных, тем лучше - желательна высокочастотная выборка. Важно отметить, что высокочастотные данные позволяют разрабатывать прогностические модели, которые не слишком зависят от фактических кодов неисправности, потому что из-за шумных параметров автомобиля могут генерироваться коды неисправности.

Во втором случае применяют данные ремонта. После того, как последовательность кодов DTC будет выпущена и обнаружена в течение определенного периода времени, должны пометить эти последовательности. В идеале, любое временное окно, содержащее набор кодов DTC, должно быть помечено типом ремонтных работ, выполненных в конце временного окна. Чтобы вывести взаимосвязи между кодами неисправности и ремонтами, желательно достаточно большое количество исторических данных ремонта. К счастью, большинство автопроизводителей действительно умеют собирать претензии по гарантии и использовать данные из своей дилерской сети. Качество данных

ремонта является критическим фактором при построении моделей на основе кода неисправности и прогнозировании ремонта.

Существует также компромисс. По мере того как описания ремонта становятся более детализированными (при условии сохранения чистоты и качества данных), проблема моделирования усложняется. Это связано с тем, что количество классов для классификации ремонта увеличивается и накладывает серьезные ограничения на количество примеров обучения, доступных для каждого типа ремонта. Например, если мы просто ограничим проблему одной вещью - определим, будет ли автомобиль подвергаться внеплановой передаче, ремонту двигателя или подвески, - тогда проблема станет гораздо более управляемой - весь набор данных можно использовать для обучения модель. Если мы попытаемся определить особенности ремонта коробки передач, двигателя или подвески (например, на уровне идентификации подсистем или частей, над которыми нужно поработать), мы должны сгруппировать доступные наборы данных и, следовательно, использовать меньшие наборы для каждой классификации [43].

В данной работе с автомобильной компанией сосредоточились на иерархическом прогнозировании основных задач системы и подсистемы. Другими словами, сначала прогнозируют, над какой из основных систем, скорее всего, нужно будет работать, например, над коробкой передач, двигателем, подвеской и т. д. На основе прогнозов, которые делают на первом уровне, прогнозировали, какая из подсистем (специфическая для подсистемы) на трансмиссию, двигатель, подвеску и т. д.) скорее всего, нужен ремонт.

Существует также рассмотрение требований к задержке, и решения отличаются в каждом конкретном случае. Для автопроизводителей и дилеров мониторинг качества автомобилей на периодической основе еще может быть осуществлен. Если цель состоит в том, чтобы предупредить клиентов о необходимости перенастройки на основе кода DTC или другого набора параметров или настроить систему автомобиля в режиме реального времени, то требования к задержке будут диктовать обработку в реальном времени или почти в реальном времени.

										Лист
										77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

3.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В ДИЛЕРСКИХ ЦЕНТРАХ ПАО «КАМАЗ»

Диагностика является неотъемлемой частью технического обслуживания. Ведь для поддержания автомобиля в технически исправном состоянии, необходимо выявить все причины выхода из строя того или иного узла или агрегата.

В настоящее время на ПАО «КАМАЗ» осуществляют диагностику всех узлов и агрегатов с помощью технологических карт и соответствующей документации. Технологическая карта представляет собой документ, который содержит все необходимые сведения и, соответственно, инструкции для персонала, который выполняют определенный технологический процесс или же техническое обслуживание объекта [44]. Для каждой системы есть свой технологический процесс, который необходим для выявления неисправности. Технологическим процессом называется часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства, т. е. по изменению размеров, формы, свойств материалов, контроля и перемещения заготовки [45].

Технологии продолжают совершенствоваться и автомобиль как сложная система со временем претерпевает изменения в конструкции. В связи с этим существующие методы диагностирования не могут позволить провести полный осмотр автомобиля в кратчайшие сроки. Для этого необходимо разработать такой метод, который сможет удовлетворить данным требованиям. Для наглядности необходимо рассмотреть алгоритмы проведения диагностики разных систем.

При существующем технологическом процессе при диагностике двигателя в первую очередь проверяют кривошипно-шатунный механизм, систему смазки, систему питания, газораспределительный механизм, систему охлаждения, систему подачи воздуха, систему управления двигателем, а затем систему выпуска отработавших газов. При диагностике рулевого управления сначала рассматривают рулевой механизм, гидравлический цилиндр, насос, распределитель, рулевое колесо, карданная передача, бочок и трубопроводы, механизм регулировки положения рулевого колеса и рулевой привод. При диагностике тормозной

										Лист
										78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

системы – осушитель воздуха, четырехконтурный защитный клапан, ножной тормозной кран, ускорительный клапан, регулятор тормозных сил, передние тормозные камеры, задние тормозные камеры, компрессор, задние тормозные механизмы, передние тормозные механизмы, ручной тормозной кран, модуляторы ABS, и в последнюю очередь датчики ABS.

3.3. АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ МЕТОДА ФТА

Рассмотрим, как внедрение метода ФТА может способствовать сокращению трудоемкости.

Для начала на примере тормозной системы. Как можно заметить из рисунка для того чтобы дойти до неисправности передних тормозных механизмов необходимо проверить осушитель, четырехконтурный тормозной механизм, ножной тормозной кран, ускорительный клапан, регулятор тормозных сил, передние тормозные камеры, задние тормозные камеры, компрессор, задние тормозные механизмы и только после этого передние тормозные механизмы. Это является очень трудоемкой работой. В случае обслуживания автомобиля по новому технологическому процессу (рисунок 3.2) трудоемкость работ сократиться за счет использования метода дерева отказов. В этом случае первым делом проверяют компрессор, регулятор тормозных сил, ускорительный клапан, осушитель воздуха и затем передние тормозные механизмы. Рассмотрим возможность сокращения трудоемкости работ на примере обрыва ремня в системе охлаждения. При диагностике двигателя в первую очередь обращают внимание на кривошипно-шатунный механизм, систему смазки, систему питания, газораспределительного механизма, затем обнаруживается неисправность в системе охлаждения, трудоемкость поиска неисправностей сократится в большинстве случаев. При применении метода дерева отказов технологический процесс будет сократиться. Сначала проверяют газораспределительный механизм, кривошипно-шатунный, систему питания и после этого систему охлаждения, где собственно и расположена неисправность. Рассмотрим неисправность редукционного клапана, что относится к рулевому механизму (рисунок 3.5). При неисправностях рулевого управления

					<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		79

проверяют рулевой механизм, гидравлический цилиндр, и только после этого выявляется неисправность насоса. При применении метода дерева отказов насос проверяется в первую очередь. В таблицах 3.1, 3.2, 3.3 приведена разница трудоемкости для наглядного представления всей картины.

Таблица 3.1 - Трудоемкость работ диагностирования тормозной системы

Неисправность	Система	Время до, часы	Время после, часы	Δ , часы
Нарушение работы регулятора давления	Осушитель воздуха	0,18	2,97	-2,79
Износ цилиндров и уплотнительных колец	Компрессор	5,87	2,3	3,57
Износ уплотнителей	Регулятор тормозных сил	1,61	2,47	-0,86
Разрушение рабочей поверхности диска	Передние тормозные механизмы	6,13	3,13	3
Заедание направляющих пальцев	Передние тормозные камеры	2,19	3,73	-1,54
Заклинивание клапана	Ножной тормозной кран	0,38	4,69	-4,31
Утечка сжатого воздуха	Ускорительный клапан	0,71	2,79	-2,08
Нарушение автоматической регулировки зазора	Задние тормозные камеры	2,77	4,22	-1,45
Поломка пружин	Четырехконтурный защитный клапан	0,39	4,54	-4,15
Поломка клапана	Ручной тормозной кран	6,31	3,88	2,43
Короткое замыкание обмотки соленоида	Модуляторы ABS	6,46	3,92	2,54
Износ тормозных колодок	Задние тормозные механизмы	5,93	3,29	2,64
Обрыв проводки	Датчики ABS	6,51	3,33	3,18
		Итого		0,18

$\Delta = t_{\text{до}} - t_{\text{после}}$, где

$t_{\text{до}}$ – время диагностики до внедрения системы;

$t_{\text{после}}$ – время диагностики после внедрения системы.

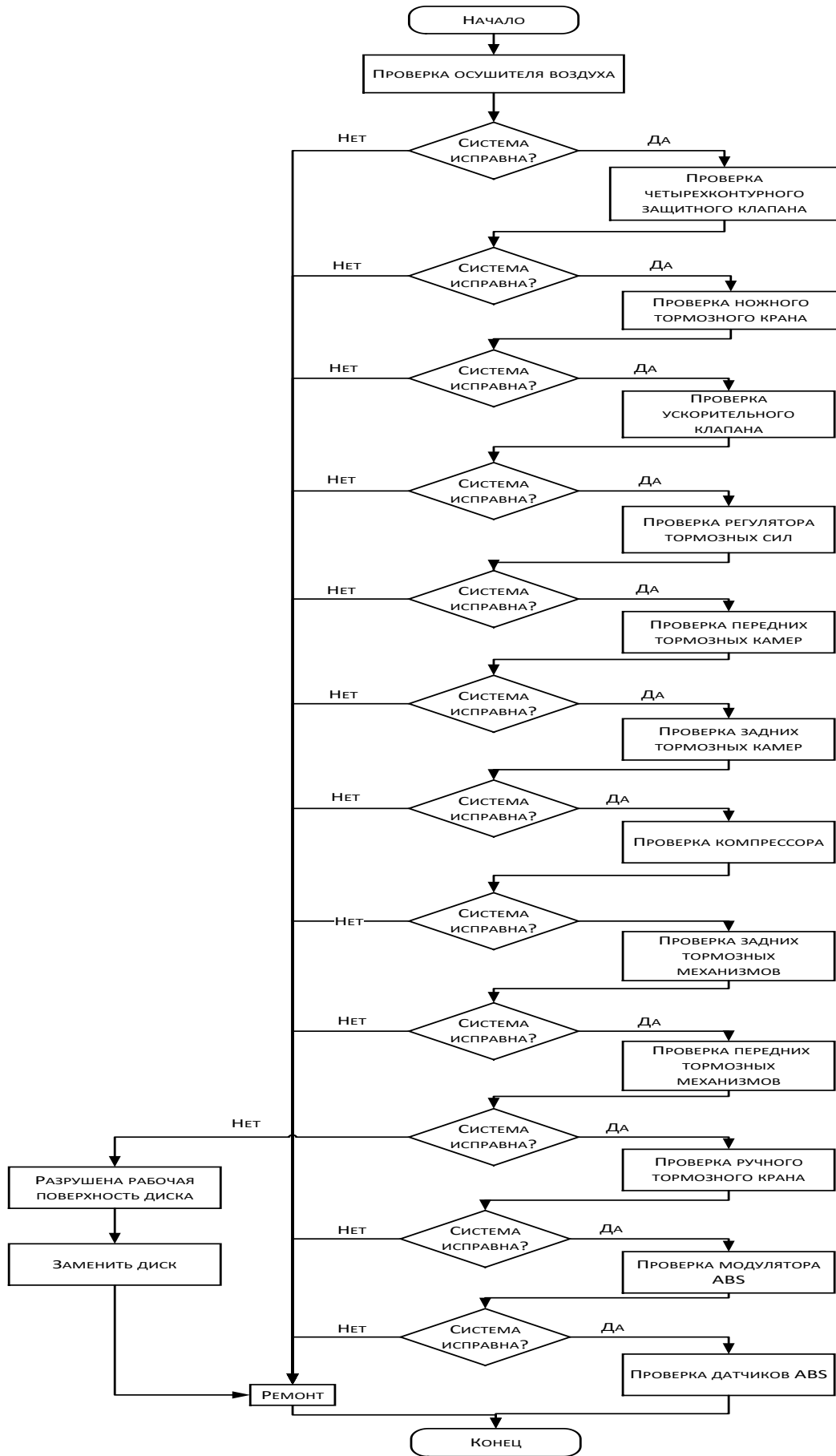


Рисунок 3.1 – Алгоритм диагностики тормозной системы до внедрения

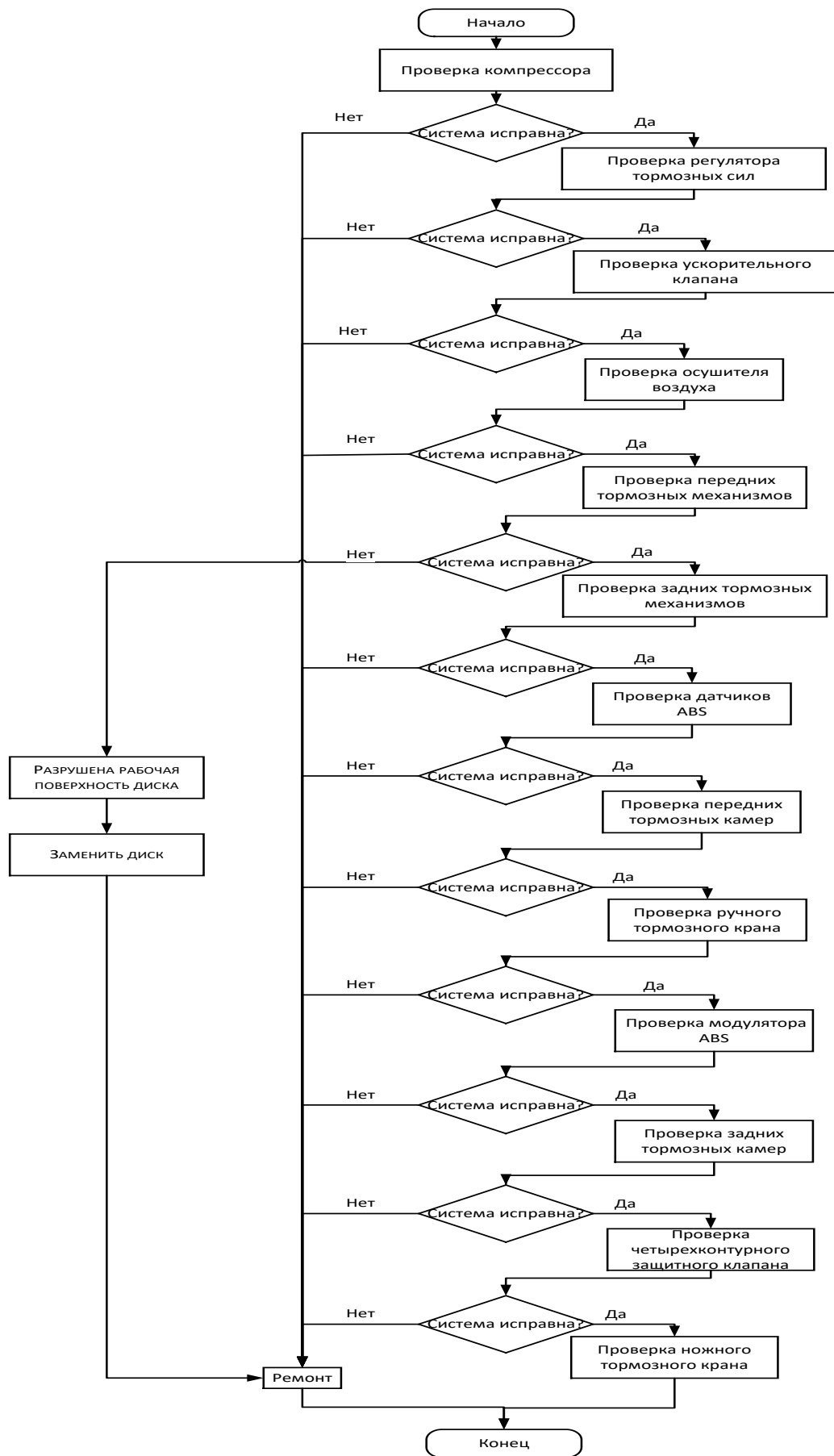


Рисунок 3.2 – Алгоритм диагностики тормозной системы после внедрения

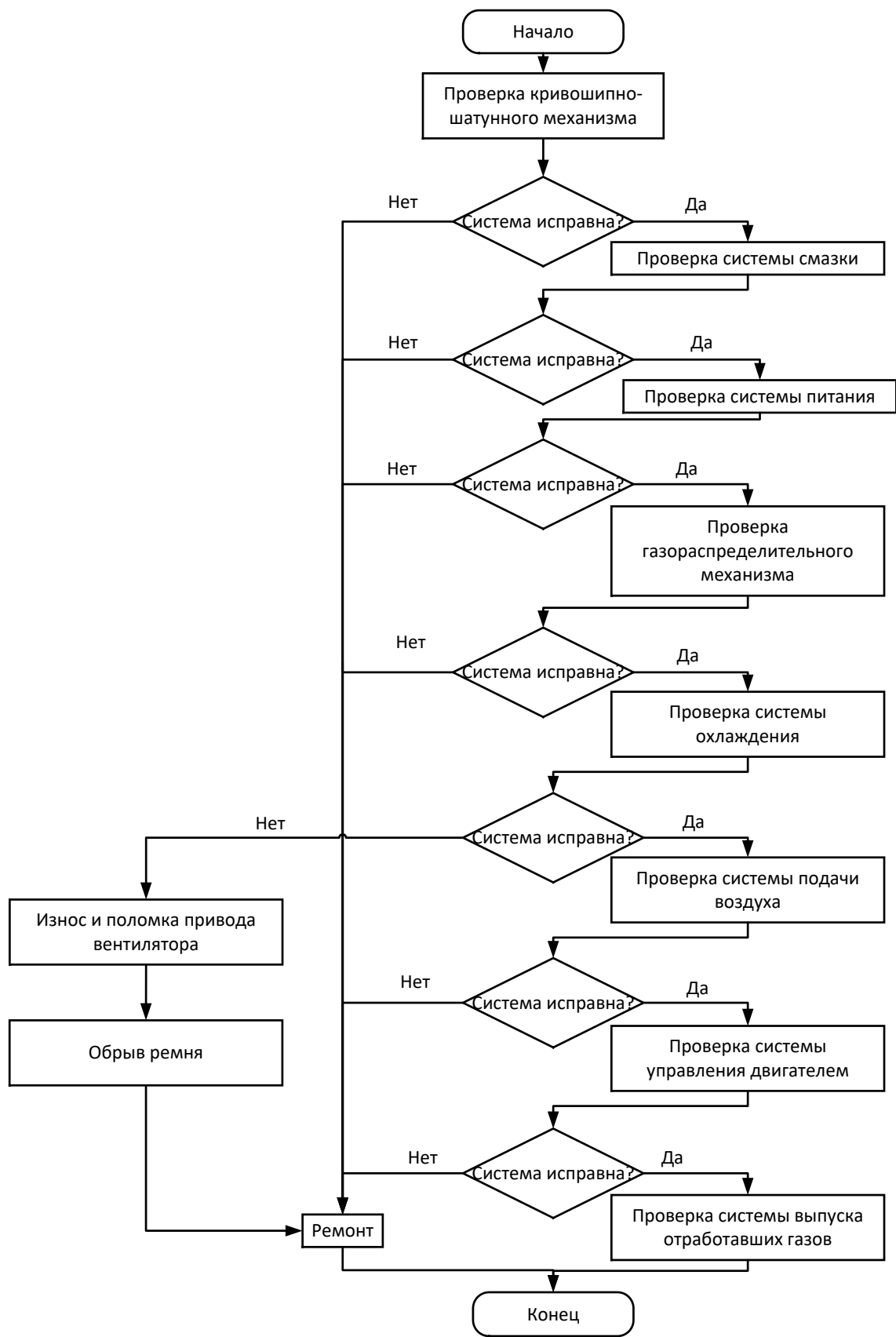


Рисунок 3.3 – Алгоритм диагностики двигателя до внедрения

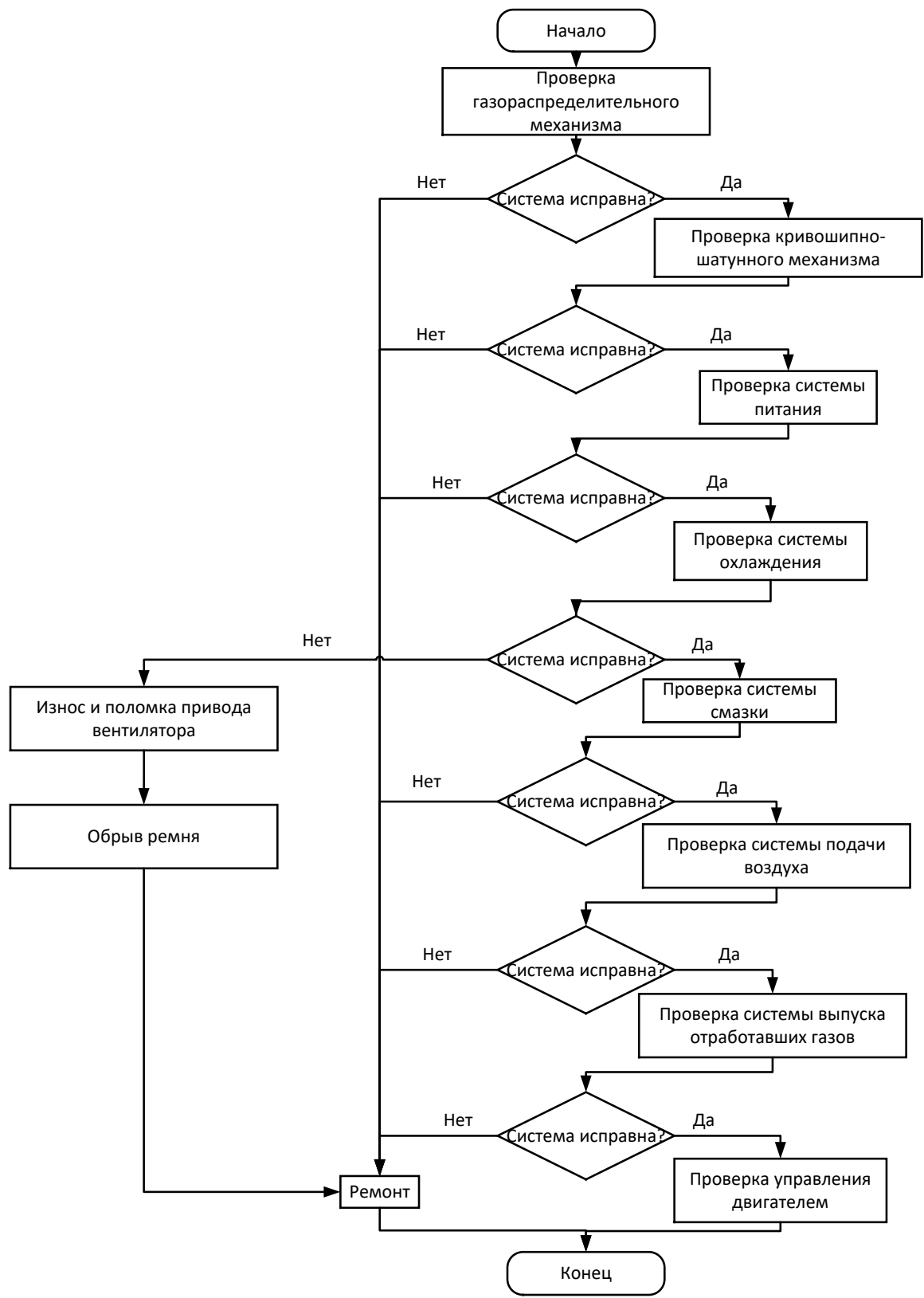


Рисунок 3.4 – Алгоритм диагностики двигателя после внедрения

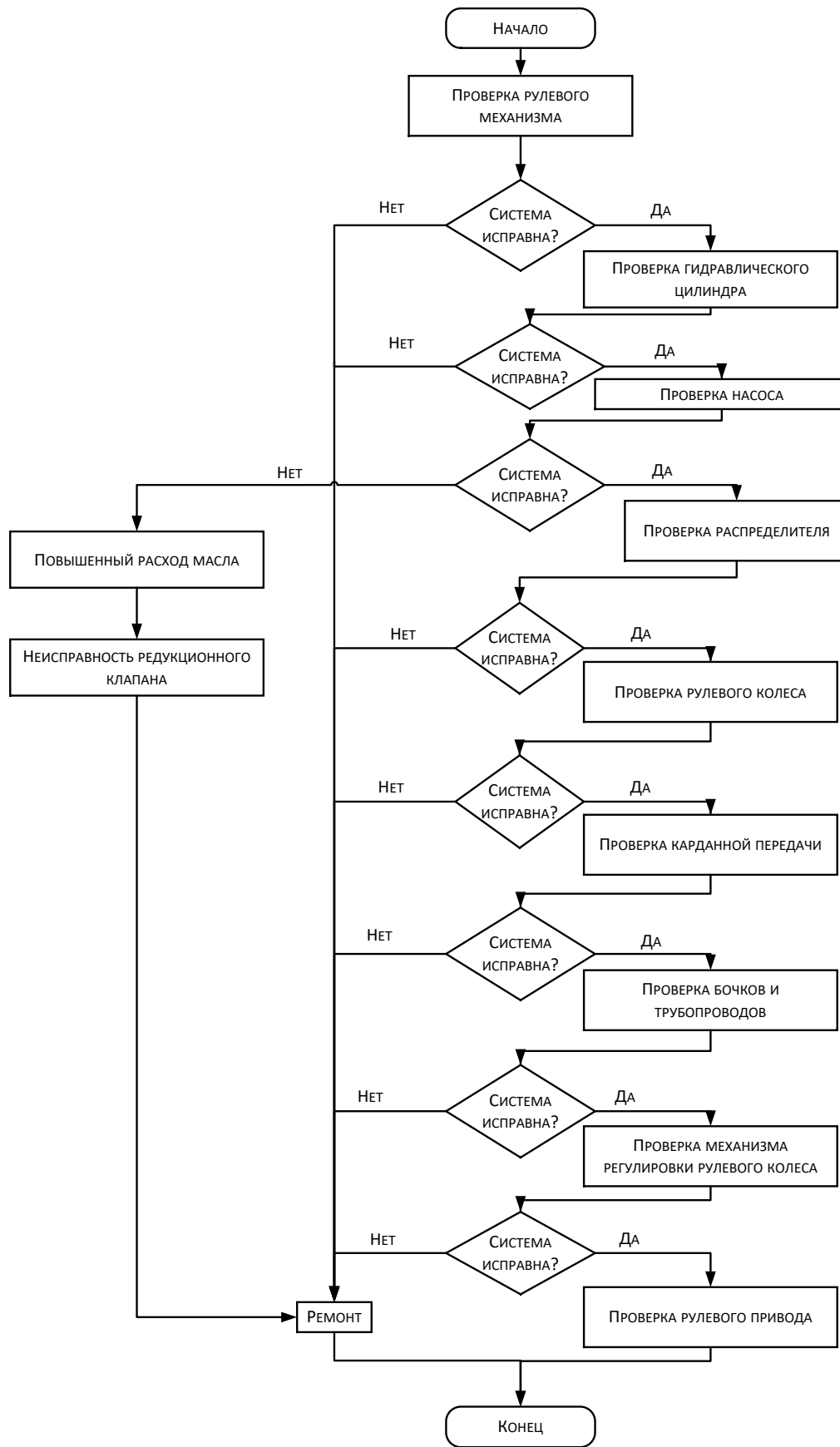


Рисунок 3.5 – Алгоритм диагностики рулевого управления до внедрения

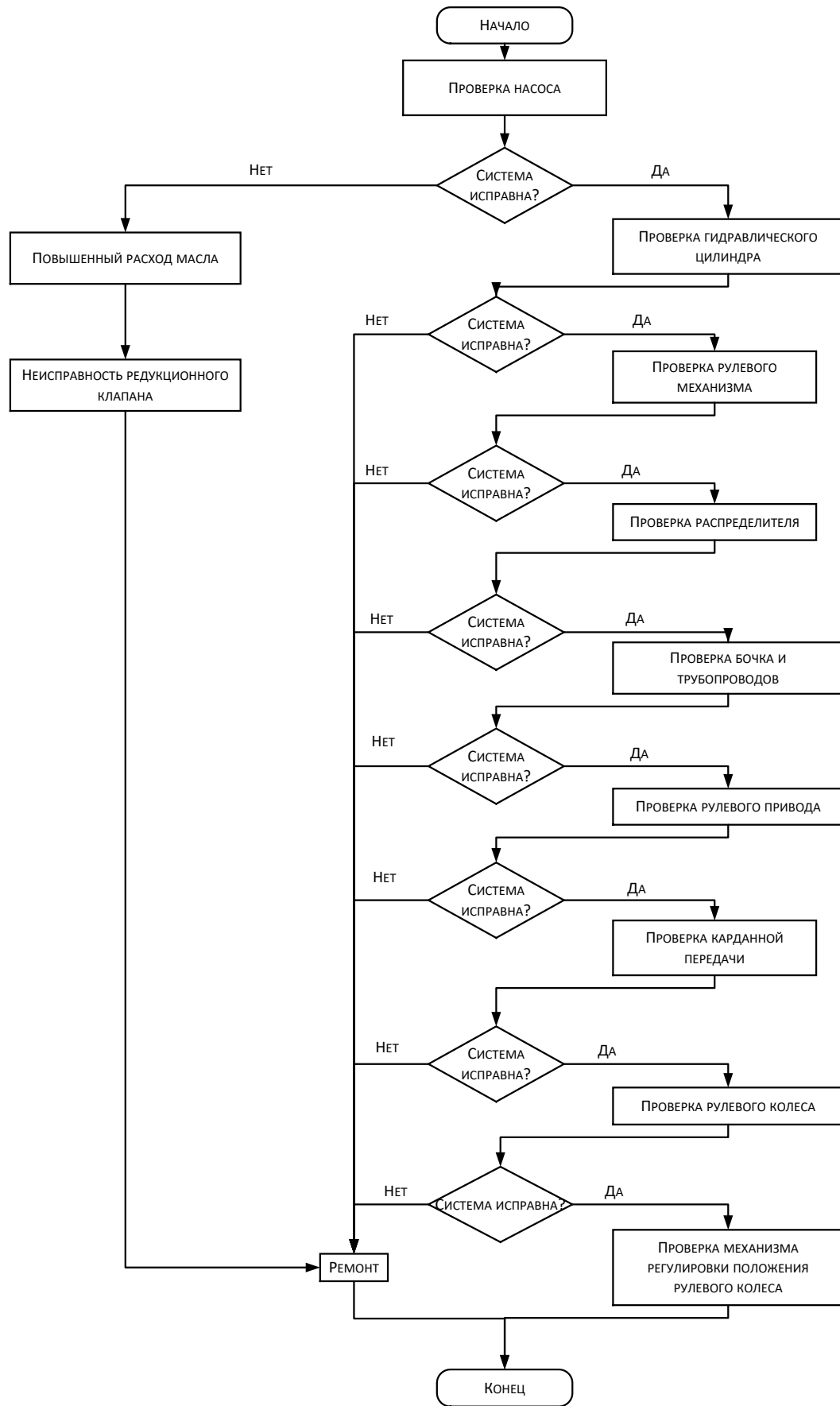


Рисунок 3.6 – Алгоритм диагностики рулевого управления после внедрения

Таблица 3.2 - Трудоемкость работ диагностирования двигателя

Неисправность	Система	Время до, часы	Время после, часы	Δ
Залегание и поломка поршневых колец	Кривошипно-шатунный механизм	6,23	5,48	0,75
Износ опор и кулачков распределительного вала	Газораспределительный механизм	15,97	1,4	14,57
Износ и поломка привода ТНВД	Система питания	11,89	8,02	3,87
Неисправность датчика положения коленчатого вала	Система управления двигателем	21,48	11,66	9,82
Засор фильтров очистки масла	Система смазки	7,88	8,53	-0,65
Износ и поломка привода вентилятора	Система охлаждения	18,2	8,21	9,99
Износ и поломка турбокомпрессора	Система подачи воздуха	20,87	9,65	11,22
Неисправность соединения выпускного коллектора	Система выпуска отработавших газов	23,9	11,25	12,65
Итоги				61,32

Таблица 3.3 - Трудоемкость работ диагностирования рулевого управления

Неисправность	Система	Время до, часы	Время после, часы	Δ, часы
Усилитель руля				
Износ шлицевых соединений входного вала	Рулевой механизм	0,65	1,98	-1,33
Нарушение герметичности соединения поршень-цилиндр	Гидравлический цилиндр	1,52	1,43	0,09
Неисправность редукционного клапана	Насос	2,26	0,62	1,64
Поломка торсиона	Распределитель	3	2,72	0,28
Нарушение герметичности	Бочок и трубопроводы	4,03	3,03	1
Рулевая колонка				
Износ шлицевого соединения	Рулевое колесо	5,85	5,09	0,76
Поломка фиксатора	Механизм регулировки положения рулевого колеса	5,2	5,96	-0,76
Износ подшипников	Карданная передача	3,61	4,41	-0,8
Зазор в шаровых пальцах	Рулевой привод	6,02	3,88	2,14
Итоги				3,02

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

					<i>ВКР 23.03.03.19.1115.07.00.00.00. ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Гиниятуллин</i>				<i>Применение метода FTA в ООО АвтоЗапчасть КАМАЗ для совершенствования процесса обслуживания автомобилей</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Шубенкова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Шубенкова</i>					<i>НЧИ КФУ, гр. 1151115</i>		
<i>Утверд.</i>	<i>Макарова И.В.</i>							

4.1. ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АВТОМОБИЛЯ И БДД

Сегодня общая статистика дорожно-транспортных происшествий по различным регионам в целом не утешительна. Именно поэтому необходимо быть максимально осторожным на дорогах. Так как многие водители попросту не желают соблюдать правила дорожного движения [46].

Таблица 4.1 – Статистика ДТП

Суммарное количество ДТП	168 099
Количество погибших в результате аварии	18 214 человек
Смертность среди детей, попавших в ДТП	628
Раненные (не умершие)	214 853
Раненные (лица до 18 лет)	21 718

Несмотря на отрицательную динамику суммарное количество происшествий достаточно велико. В целом Россия по количеству аварий среди других стран занимает одно из первых мест.

Большая часть аварий произошла по вине водителей, которые совершили 148 142 ДТП. За рулем стало больше пьяных — они попали в 15 166 аварий (+1,3%), в которых погибли 4296 и пострадали 20 629 человек (динамика — -0,9 и +1,6% соответственно). При этом сократилось количество водителей, отказавшихся после аварии от прохождения медицинского освидетельствования (3489 ДТП, -7,5%). Водители стали чуть реже скрываться с места аварии: зарегистрировано 17 622 таких ДТП (-1,0 %), а вот сбегать, оставляя автомобиль, стали чаще — 2655 ДТП (+22,0%). Причем большую часть оставивших место аварии впоследствии задержали (12 736 человек).

Заметно выросла аварийность среди профессиональных таксистов (2133 ДТП, +15,7). Стало больше ДТП с мотоциклистами (4564 аварии, +5,1%), в них погибли 586 человек (+5,8%) получили ранения 4927 (+4,0).

Сократилось количество аварий из-за состояния дорог: из-за плохого покрытия произошло 59 421 ДТП (-12,5%), в которых погибли 5573 (-20,3%) и ранены 75 851 (-11,9%) человек. Также стало меньше аварий из-за технически неисправных транспортных средств: всего по этой причине произошло 6221 ДТП (-3,6%), погибли 1064 (+0,6%) и получили ранения 8856 (-9,0%) человек.

На дорогах стало гибнуть меньше пешеходов: в 2018 под колесами погибли 5299 (-8,3%) человек, получили ранения 47 144 (-5,5%). Всего зафиксировано 50 207 (-5,7%) наездов на пешеходов.

В 2018-м произошло 19 930 (+1,8%) аварий с участием детей до 16 лет. Погибло 628 (-11,9%), пострадало 21 718 (+2,8%) несовершеннолетних.

Самым аварийным регионом в 2018 году стала Москва с показателем 9157 (+2,8%) ДТП, в них погибло 465 (-5,9%) человек и пострадало 10 469 (+3,0%). На втором месте оказался Краснодарский край — 7008 ДТП (+9,2), погибло 1053 (0%), ранено 8675 (+12,1%), на третьем — Санкт-Петербург, 6463 ДТП (+2,4%), погибло 232 (-11,8%), ранено 7693 (+2,6%).

Рост аварийности зафиксирован в Северной Осетии-Алании (921 ДТП, +25,8%), Карелии (775 ДТП, +23,0%) и Еврейской автономной области (247 ДТП, +13,3%). Обстановка на дорогах улучшилась в Ненецком автономном округе (32 ДТП, -20,0%), Чечне (227 ДТП, -18,3%) и Ростовской области (3925 ДТП, -15,2%).

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), наибольшее число людей в возрасте от 5 до 29 лет уходит из жизни в Европе в результате ДТП. При этом уровень смертности от травм, полученных на дорогах, в девять раз выше в странах с наиболее высоким показателем экономики, чем с самыми низкими. Почти 40% погибших в дорожных авариях в Европе составляют

По данным НИЦ ГИБДД МВД РФ существенно выше доля ДТП, в которых неудовлетворительное техническое состояние ТС было сопутствующей причиной ДТП. По результатам отечественных научных исследований [47], с технеисправностями транспорта связано до 13 % происшествий всех видов и до 15 % — с особо тяжкими последствиями.

Самыми распространёнными видами происшествий из-за технической неисправности транспорта были наезды на пешеходов (28,1 % от всех происшествий, связанных с техническими неисправностями), опрокидывания (27,3 %) и столкновения (25,1 %). Тяжесть последствий ДТП видов составила 19%, 16 и 16 соответственно. Основное количество дорожно-транспортных происшествий из-за технических неисправностей транспорта вызвано отказами в рабочей тормозной

									Лист
									90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>				

системе (32,5 %), внешних световых приборов (26,5 %), отсоединением колёса, несоответствием модели ТС или износом шин (19,4 %), рулевого управления (12,6 %). Наиболее значительная часть (41,7 %) общего количества происшествий из-за технеисправностей совершена водителями легковых автомобилей и мототранспорта (32,7 %), а выше других число погибших на 100 пострадавших в ДТП по этой причине на грузовых автомобилях и иных ТС (25).

Более половины происшествий на легковом транспорте вызвано неисправностями автомобилей со сроком эксплуатации свыше 10 лет. Для этих происшествий характерна невысокая тяжесть последствий. Для происшествий с легковыми автомобилями характерно преобладание отказов рабочего тормоза (28,6 % от всех ДТП на данном типе транспорта из-за технической неисправности), износа рисунка протектора (20,6 %) и неисправности рулевого управления (16,4 %). Для грузовых автомобилей наиболее распространёнными видами неисправностей были отказы рабочей тормозной системы (39,6 % ДТП, тяжесть последствий – 25), внешних световых приборов (14,2 %, 36) и рулевого управления (13,2 %, 32).

По результатам отечественных и зарубежных исследований, доля ДТП, в которых технические неисправности были основной или сопутствующей причиной возникновения таких происшествий, достигает 14–20 %. Так, доля ДТП в процентах от их общего количества, причинами которых были неисправности автомобилей, составила 15 в США, 20 – во Франции, 18 – в Венгрии, 10 – в Германии и 11 – в Дании. Эти значения существенно превышают официальные данные (3–5 %) органов, осуществляющих контрольно-надзорную деятельность в сфере дорожного движения и учёт сведений о ДТП. Расхождения в показателях официальной статистики и данных научных исследований объясняется отсутствием необходимых методик и контрольных приборов, позволяющих фиксировать на месте ДТП несоответствие нормативным требованиям таких свойств автомобиля, как тормозные и световые характеристики, параметры управляемости и т.д. Поэтому в официальную статистику включаются лишь те происшествия, причиной которых явились непосредственно поломки и отказы в системах и деталях автомобиля, например: отрыв колёса, разрыв шины, тормозных шлангов и т.п.

					ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП	<i>Лист</i>
						91
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		

Кроме того, при сильных повреждениях автомобиля техническое состояние его систем и деталей до ДТП восстановить невозможно.

В ходе проведения по предложению Минтранса России, Госстандарта России и МВД России эксперимента по организации инструментальной проверки автотранспортных средств в ряде регионов страны было выявлено, что преобладающими неисправностями транспортных средств, оказывающими наибольшее влияние на безопасность дорожного движения, являются неисправности тормозов, рулевого управления и светотехники. Результаты проверки 105 820 автомобилей в 180 центрах инструментального контроля показали, что свыше 30 % автомобилей имели неисправности, с которыми запрещается их эксплуатация. Причём 29 % от общего количества неисправных автомобилей имели неисправности тормозов, 20 % – рулевых управлений и 19 % – светотехники.

Влияние динамики (тяговой и тормозной динамичности), информативности, а также управляемости и устойчивости на безопасность автомобиля рассмотрена автором в одноимённых учебных книгах. В этой связи дальнейшее исследование проведём на примере рулевого управления переднего моста АТС, основополагающих в безопасности движения систем автомобиля. С этой целью разработана блок-схема влияния технического состояния рулевого управления, переднего моста, шин и подвески на параметры активной безопасности АТС, в соответствии с которой выполнены дальнейшие исследования.

Анализ проблемы показывает, что безопасность конструкции АТС достаточно проработана с учётом международного опыта. В то же время очевидна необходимость научного обоснования пределов изменения измерителей эксплуатационных свойств АТС, определяющих параметры активной безопасности в эксплуатации.

Методология исследования учитывает достаточно глубоко проработанную проблему влияния тормозных свойств АТС на БДД, ввиду чего в работе детально рассмотрены устойчивость, управляемость и поворачиваемость АТС, частично рассматривалась плавность хода. При этом, учитывая, что в теории автомобиля

									Лист
									92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>				

поворачиваемость не принято выделять в отдельное свойство АТС, хотя в работе убедительно доказано это выделение с точки зрения безопасности дорожного движения.

Из анализа состояния проблемы снижения аварийности на АТ обеспечением БДД следует, что научно-методологической основой решения этой важнейшей социально-экономической и научно-технической проблемы является системный (логический) комплексный подход, учитывающий более 1800 влияющих факторов.

Концепция эксплуатационной безопасности АТС основывается на теоретических исследованиях системы управления ОБДД в РФ, выделения из неё системы управления безопасностью АТС, анализа взаимодействия дерева целей и предложенной структуры и функций «Центра эксплуатационной безопасности АТС».

В работе [22] показано, что фактором, определяющим безопасность АТС в эксплуатации, является активная безопасность, рассмотренная на основе современных отечественных и зарубежных исследованиях, в то время как пассивная и послеаварийная безопасность заложены в конструкцию АТС и в эксплуатации не значимы.

На основе анализа отечественных и зарубежных нормативных документов рассмотрено влияние технического состояния на безопасность АТС. Учитывая достаточно проработанные вопросы тяговой и тормозной динамики в активной безопасности, показана необходимость углублённой теоретической и экспериментальной проработки вопросов устойчивости и управляемости АТС в эксплуатации.

На основе вышеупомянутых исследований теоретически обоснована технология обеспечения безопасности АТС в эксплуатации, базирующаяся на принципе допустимого по параметрам БДД снижения показателей активной безопасности и рассмотрения на примере влияния изменения технического состояния РУ, ПМ, шин и подвески на неё.

Ввиду морального и технического старения парка автотранспорта и его негативного влияния на показатели аварийности особую актуальность приобрела

										Лист
										93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>ВКР 2.3 П.3 П.3 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

проблема повышения безопасности технического состояния находящихся в эксплуатации транспортных средств и эффективности системы контроля за их содержанием.

В подавляющем большинстве автопредприятий проверки технического состояния эксплуатируемого транспорта соответствующими должностными лицами перед выездом на линию практически не проводятся. Парк имеющегося на транспортных предприятиях контрольно-диагностического оборудования слабо обновляется, что приводит к его техническому износу.

4.2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УЧАСТКА

Оборудование, инструмент и приспособления должны в течение всего срока эксплуатации отвечать требованиям безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.003-83 [48]. При размещении оборудования должны учитываться требования ОНТП 01-86 [49].

Устройства для останова и пуска оборудования должны располагаться так, чтобы ими было удобно пользоваться и исключалась возможность самопроизвольного их включения [50].

Ввод в эксплуатацию нового или прошедшего капитальный ремонт оборудования производится только после приема его комиссией с участием работников службы охраны труда организации. Эксплуатируемое оборудование должно быть исправно, а его техническое состояние - находиться под контролем главного механика и начальника диагностической станции.

На неисправное оборудование навешивается табличка «Не включать, неисправно». Такое оборудование должно быть отключено или обесточено. Не допускается работа на оборудовании с неисправным, снятым или незакрепленным ограждением. Во время работы оборудования не допускается его чистка, смазка или ремонт.

Использование переносных лестниц производится в соответствии с Правилами охраны труда при работе на высоте.

Технологическое оборудование, а также оборудование производственного помещения должно быть выполнено с соблюдением норм электробезопасности.

										Лист
										94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

Все электродвигатели, оборудование с электрическим приводом, а также пульты управления необходимо надежно заземлять или занулять. Работа без заземления или зануления не - допускается.

Заземляющие проводники должны быть доступны для осмотра и защищены от коррозии.

Неисправности, способные вызвать искрение, короткое замыкание, нагревание и провисание проводов, соприкосновение их друг с другом или с элементами здания и различными предметами, должны немедленно устраняться.

Перегоревшие лампы, поврежденную аппаратуру необходимо заменять новыми.

Во всех защитных устройствах устанавливаются только калиброванные предохранители, применение самодельных вставок («жучков») не допускается.

Двери электрических распределительных устройств в производственных помещениях должны закрываться на замок, один экземпляр ключа от которого должен находиться у электрика, а второй - у начальника диагностической станции в установленном месте.

Для питания светильников общего освещения в помещениях применяется, как правило, напряжение не выше 220 В.

Освещение осмотровой канавы люминесцентными или общими обычными светильниками, питаемыми напряжением 127...220 В, допускается при соблюдении следующих условий:

- вся проводка должна быть внутренней, иметь надежную электро- и гидроизоляцию;
- осветительная аппаратура и выключатели должны иметь электро- и гидроизоляцию;
- светильники должны быть закрыты стеклом или ограждены защитной решеткой;
- металлический корпус светильника должен быть заземлен.

Для питания переносных ламп в осмотровых канавах следует применять напряжение не выше 12 В.

										Лист
										95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>					

Важную роль для обеспечения безопасности играет соблюдение технологического процесса выполнения работ и правил эксплуатации технологического оборудования.

Производство работ персоналом диагностической станции должно осуществляться в соответствии с инструкциями по охране труда, доводимыми до них в ходе инструктажей.

Участие водителей, работников других специальностей в процессе проверки технического состояния транспортных средств не допускается. Исключение составляет выполнение простых команд водителем, находящимся за рулем транспортного средства, по приведению в действие отдельных органов управления или включению и выключению приборов транспортного средства.

Проверка технического состояния транспортных средств проводится на специальных постах, оснащенных необходимыми приборами и приспособлениями, оборудованием и инструментом, предусмотренными определенными видами работ.

Расположение постов диагностирования, расстояние между транспортными средствами, установленными на постах, а также между транспортными средствами и конструкциями зданий должны соответствовать ОНТП 01-86.

Транспортные средства должны подаваться на посты чистыми и в сухом состоянии. Постановка на посты должна осуществляться под руководством работников диагностической станции.

Не допускается въезжать на посты автомобилям, габариты которых превышают указанные над въездными воротами.

Газобаллонные автомобили могут въезжать на посты диагностической линии только после перевода их на бензин или дизельное топливо.

Проверка газовой системы питания на герметичность должна проводиться на специальном посту перед въездом. Въезд в помещение с негерметичной системой питания не допускается.

При переводе двигателя на бензин или дизельное топливо необходимо перекрыть расходные вентили и полностью выработать газ из системы питания (до

									Лист
									96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП				

полной остановки двигателя), после чего перекрыть расходный вентиль и включить подачу жидкого топлива.

В производственной зоне диагностирования не допускается:

- хранение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, кислот, красок, карбида кальция и т.д.;
- заправка автомобилей топливом;
- хранение чистых обтирочных материалов вместе с использованными;
- загромождение проходов и выходов из помещения (материалами, оборудованием, тарой и т.п.).

Разлитое масло или топливо необходимо немедленно удалять с помощью песка либо опилок, которые после использования следует ссыпать в металлические ящики с крышками, устанавливаемые вне помещения.

Использованные обтирочные материалы следует немедленно убирать в металлические ящики с плотными крышками, а по окончании рабочего дня - удалять из производственных помещений в специально отведенные места.

При проведении работ запрещается:

- находиться в осмотровой канаве, под эстакадой при перемещении по ним проверяемых транспортных средств;
- работать на неисправном оборудовании, а также с неисправными инструментами и приспособлениями;
- самостоятельно устранять неисправности оборудования;
- оставлять инструмент на краях осмотровой канавы.

При работе в осмотровой канаве с высоко расположенными деталями следует применять устойчивые специальные подставки.

Для работы спереди и сзади автомобиля, расположенного на осмотровой канаве, а также для перехода через нее необходимо пользоваться переходными мостиками, а для спуска и подъема - специальными лестницами.

Для проверки эффективности тормозных систем на стенде необходимо принять меры, исключая самопроизвольное скатывание автомобиля с валиков стенда.

					<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

Работа на диагностических постах с работающим двигателем допускается только при включенном местном отсосе, эффективно удаляющем отработавшие газы.

При накачивании шин необходимо пользоваться специальными наконечниками, соединяющими вентиль камеры (шины) со шлангом от воздухоподдаточной колонки и обеспечивающими прохождение воздуха через золотник. Подкачивание шин следует производить, если давление воздуха в них снизилось не более чем на 40 % от нормы и есть уверенность, что правильность их монтажа не нарушена. Не допускается накачивание бескамерных шин выше установленной нормы.

Территория предприятия ограждена сплошным забором, в котором устраивают специальные пожарные въезды (ворота).

Расстояния от мест стоянки до производственных зданий принимают равными 15 - 20 м в зависимости от степени огнестойкости зданий, а до зданий, где производят техническое обслуживание автомобилей, не менее 10м. Между автомобилями и забором остается разрыв не менее 2 м.

Территорию стоянки нельзя загромождать предметами, которые могут помешать рассредоточению автомобилей в случае пожара.

На стоянках автомобилей во избежание пожара не разрешается курить, работать с открытым огнём и хранить горючие и легковоспламеняющиеся материалы. Нельзя прогревать холодные двигатели, картеры коробок передач и редукторы мостов, топливные баки дизельных двигателей и другие узлы автомобилей открытым огнем, оставлять в автомобиле промасленные обтирочные концы и спецодежду по окончании работы, а также оставлять автомобиль с включенным зажиганием.

В помещениях нельзя курить, пользоваться открытым огнем, паяльными лампами, сварочными аппаратами, хранить бензин, дизельное топливо, баллоны с газом (за исключением топлива в баках и газа в баллонах, смонтированных на автомобилях), хранить тару из-под горючих легковоспламеняющихся жидкостей. Нельзя оставлять на местах стоянки груженые автомобили.

					<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Лестницы и чердаки производственных и служебных помещений должны быть всегда свободны. Запрещается их использование под производственные или складские помещения. Чердаки постоянно заперты, а ключи от них храниться у дежурного персонала.

Специальные места для курения оборудованы на видных местах. Там установлена урна для окурков. Поблизости организован уголок пожарной безопасности, вывешено объявления «Место для курения». В других местах вывешены объявления «Не курить», «Курить запрещается».

Нельзя применять жидкое топливо для мытья полов и стен помещений и канав, так как при этом образуется большое количество легко воспламеняющихся паров.

Промасленные обтирочные материалы и спецодежда при определенных условиях самовозгораются. Поэтому обтирочные материалы в течение рабочей смены собирают в стальные ящики с плотными крышками, а в конце смены выносят на специально оборудованные свалки, откуда их отправляют на уничтожение. Спецодежда между сменами должна храниться в расправленном состоянии, а главное, ее следует своевременно очищать от замасливания.

Одной из наиболее частых причин возникновения пожара является неправильное устройство и эксплуатация электроустановок. Необходимо следить, чтобы к отдельным группам кабелей не было произвольно присоединено больше Электра потребителей, чем позволяют эти кабели. В противном случае в электрических щитах произойдут перегрев и разрушение изоляции проводов, возникнут короткое замыкание и пожар.

Небрежное обращение с легковоспламеняющимися жидкостями, несоблюдение элементарных правил техники безопасности чреватые серьезными последствиями. Жидкое топливо нельзя хранить в наземных резервуарах на территории предприятия. Порожнюю тару следует хранить отдельно. На складах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, на площадках хранения порожней тары и в радиусе не менее 20 м от них воспрещается выполнять работы, связанные с применением открытого огня.

										Лист
										99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

Крышки люков на резервуарах снабжают прокладками, исключая образование искр. Для сообщения с атмосферой устанавливают дыхательные клапаны. Нельзя закрывать отверстия металлических бочек деревянными пробками или тряпками, перекачивать их при помощи стальных ломов, от соударения которых могут возникнуть искры, вынимать или отвинчивать пробки металлическими предметами.

В производственных и складских помещениях при наличии в них горючих материалов, а также изделий в сгораемой упаковке, электрические светильники, должны быть в закрытом или защищенном исполнении (со стеклянным колпаком, препятствующим выпадению колб электроламп). Светильники не должны соприкасаться со сгораемыми конструкциями зданий и горючими материалами.

При обычном выделении пыли электроустановки очищают от нее 2 раза в месяц, а при значительных выделениях еженедельно. Запрещается использовать электроустановки, поверхностный нагрев которых при работе превышает температуру окружающего воздуха на 40.°С (если к ним не предъявляются другие требования); электронагревательные приборы без огнестойких подставок, а также оставлять их на длительное время включенными в сеть без присмотра; применять для отопления помещений нестандартные (самодельные) нагревательные электропечи или электролампы накаливания; оставлять под напряжением электрические провода или кабели с неизолированными концами; пользоваться поврежденными розетками, осветительными приборами и соединительными коробками, рубильниками и другими Электра установочными изделиями. Светильники аварийного освещения присоединяют к независимому источнику питания.

Электроаппараты и приборы, искрящие по условиям работы, устанавливаемые в пожароопасных помещениях, в зависимости от зоны класса помещений должны быть закрытыми, пыленепроницаемыми или масло-, наполненными, а светильники закрытыми. Допускается установка открытых аппаратов, если их устанавливают в закрытых шкафах. Щитки и выключатели во всех случаях следует располагать вне пожароопасных помещений.

					<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		<i>100</i>

Производственная санитария на территории и в помещениях диагностических станций

Территория диагностической станции или предприятия, на территории которого она расположена, должна примыкать к дороге общего пользования или к проезду либо сообщаться с ними автомобильными дорогами. Она должна иметь ограждение высотой не менее 2 м и освещаться в ночное время. При необходимости у въездных ворот устанавливается предупредительная надпись: «Берегись автомобиля» и схема движения по территории, освещаемая в ночное время. Ворота снабжаются фиксаторами открытого положения и запорами. Для прохода людей на территорию в непосредственной близости от ворот необходимо устраивать калитку (дверь).

Территория должна содержаться в чистоте и порядке. Мусор, производственные отходы необходимо своевременно убирать в специально отведенные места.

Территория оборудуется водоотводами и водостоками, люки которых должны быть закрыты. В целях уменьшения запыленности и снижения уровня шума свободные участки территории озеленяются.

На территории должны быть обозначены проезды для движения транспортных средств и пешеходные дорожки, а вдоль проездов установлены дорожные знаки в соответствии с Правилами дорожного движения. Проезды и проходы необходимо убирать от грязи и мусора, летом поливать, а зимой очищать от снега и в случае обледенения посыпать песком или шлаком.

Подъездные пути, проезды для транспортных средств, проходы для людей должны иметь твердое покрытие. Места пересечения их с канавами, траншеями и железнодорожными путями должны перекрываться настилами и переходными мостиками. Пешеходные дорожки должны иметь твердое покрытие, ширину не менее 1 м и наименьшее количество пересечений с проездами.

При проведении работ на территории в целях безопасности траншеи и ямы необходимо ограждать. На территории и в производственных помещениях должны быть отведены специальные места для курения.

										Лист
										101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

Не допускается:

- загромождать дороги, проезды к пожарным водоемам, гидрантам, местам расположения пожарного инвентаря, оборудования и извещателей электрической пожарной сигнализации;

- устанавливать в помещениях и на открытых стоянках автомобили в количестве, превышающем норму, а также нарушать установленный способ их расстановки;

- загромождать запасные ворота как изнутри, так и снаружи;

- устраивать стоянки автомобилей в зоне высоковольтной линии электропередачи без согласования с организацией, эксплуатирующей линию.

У наружного входа в производственные и вспомогательные помещения должны быть установлены устройства для очистки обуви от грязи.

В производственном помещении должно быть обеспечено безопасное и рациональное выполнение всех технологических операций при полном соблюдении санитарно-гигиенических условий труда. Оно должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения (огнетушители, песок, ведра и т.п.), пожарной сигнализацией, автоматическими средствами противопожарной защиты в соответствии с требованиями действующих нормативных правовых актов Республики Татарстан.

Полы в производственном помещении должны быть ровными и прочными, иметь покрытие с нескользящей поверхностью, удобной для очистки.

Ворота в производственное помещение могут открываться и закрываться механически, в том числе с автоматическим управлением, если они не предназначены для эвакуации людей. Створчатые ворота должны открываться наружу.

Подъемные ворота необходимо оборудовать ловителями (фиксаторами), обеспечивающими удержание ворот в поднятом положении при отрыве тросов или порче механизма подъема и опускания.

										Лист
										102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП					

Наружные ворота помещений должны оснащаться устройствами фиксации их в открытом положении, а при въезде в основные производственные помещения - оборудоваться тепловой завесой.

Въезды не должны иметь порогов и выступов. Въездной уклон должен составлять не более 5 %.

Большое влияние на работоспособность персонала диагностической станции оказывает микроклимат производственного помещения. Основными факторами, характеризующими микроклимат, являются температура, влажность и давление воздуха внутри помещения. Предельные значения данных параметров устанавливаются в соответствии с санитарными нормами согласно ГОСТ 12.1.005-88.

В холодный и переходный периоды года в отапливаемых производственных помещениях допускается понижение температуры воздуха вне постоянных рабочих мест для работ средней тяжести до 10 °С. При этом оптимальными значениями температуры воздуха в производственной зоне являются: 17... 19 °С в холодный и переходный периоды года; 20...22 °С в теплый период (при среднемесячной температуре более +10 °С). Относительная влажность воздуха при этом должна составлять не более 75 %, а скорость движения воздуха - не более 0,4 м/с.

Для обеспечения микроклимата в производственных помещениях станции их оборудуют общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и отоплением в соответствии со СНиП 2.04.05-98.

Система отопления должна обеспечивать равномерный нагрев воздуха в помещении, возможность местного регулирования и выключения. Все вентиляционные системы должны находиться в исправном состоянии.

В холодный период года в рабочую зону, а также в осмотровые канавы должен подаваться воздух температурой не выше +25 °С и не ниже +16 °С.

В производственном помещении на видном месте на расстоянии 5...10 м от ворот или входных дверей устанавливаются термометры. Входные двери должны иметь исправные механические приспособления для принудительного закрывания.

					<i>ВКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

В процессе проведения государственного технического осмотра транспортные средства выделяют в воздух рабочей зоны отработавшие газы, которые оказывают различное отравляющее действие на организм человека. Для удаления отработавших газов из рабочей зоны необходимо применять местную вытяжную вентиляцию, которая должна быть отделена от общеобменной.

Разбавление и удаление вредных веществ в рабочей зоне диагностической станции обеспечивается также общеобменной вентиляцией. Приток воздуха должен направляться рассредоточенно в рабочую зону и осмотровые каналы в расчете на 1 м³ объема канавы - 125 м³/ч, приемка -- 100, тоннеля - 5 м³/ч со скоростью 2,0...2,5 м/с.

Скорость выхода воздуха из щелей и отверстий воздушных и воздушно-тепловых завес ворот должна быть не более 25 м/с.

Для проведения проверок технического состояния элементов транспортных средств большое значение имеет освещенность производственного помещения и постов, которая должна удовлетворять требованиям СНиП 3.05.06-85.

При освещении диагностических станций следует применять преимущественно газоразрядные источники света. Лампы накаливания следует применять только в случае невозможности применения газоразрядных источников. Освещенность производственного помещения диагностической станции на уровне пола постов диагностирования должна составлять не менее 200 лк, а в осмотровой канаве на уровне низа транспортного средства - не менее 150 лк. Освещенность проездов автомобилей должна составлять не менее 2 лк. На открытых площадках и стоянках транспортных средств в темное время суток должна обеспечиваться освещенность не менее 5 лк.

Уровень шума в производственных помещениях диагностической станции должен отвечать требованиям ГОСТ 12.1.003-83.

Для обеспечения пожарной безопасности на территории и в помещениях диагностических станций первичные средства пожаротушения и пожарный инвентарь должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видных местах. К ним должен быть обеспечен свободный доступ. Для указания

					<i>РКР 23 ПЗ ПЗ 19 1115 П7 ПП ПП ПП</i>	Лист
						104
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

местонахождения огнетушителей и другой пожарной техники на видных местах устанавливаются указательные знаки.

Огнетушители, ящики для песка, бочки для воды, ведра, ручки лопат и другое пожарное оборудование должны быть окрашены в красный цвет.

Огнетушители следует размещать на полу в специальных тумбах или подвешивать на видных местах так, чтобы инструктивная надпись на их корпусах была четко видна и чтобы человек мог свободно, легко и быстро их снять. Расстояние от пола до днища огнетушителя должно быть не более 1,5 м. От края двери при ее открывании огнетушитель следует располагать на расстоянии не менее 1,2 м. При расположении огнетушителей на открытом воздухе следует размещать их в шкафчиках или устраивать над ними навесы-козырьки.

					ВКР 23 П.3 П.3 19 1115 П7 ПП ПП ПП	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата		

5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

					ВКР 23.03.03.19.1115.07.00.00.00. ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Гиниятуллин</i>				<i>Применение метода ФТА в ООО АвтоЗапчасть КАМАЗ для совершенствования процесса обслуживания автомобилей</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Шубенкова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Шубенкова</i>					<i>НЧИ КФУ, гр. 1151115</i>		
<i>Утверд.</i>	<i>Макарова И.В.</i>							

5.1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

Экономический эффект при заезде одного автомобиля в автоцентр для проведения диагностики с применением метода FTA складывается из экономических эффектов владельца автомобиля и автоцентра:

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_B + \mathcal{E}_{\text{СЦ}}, \text{ где}$$

\mathcal{E}_B – экономический эффект владельца автомобиля;

$\mathcal{E}_{\text{СЦ}}$ – экономический эффект сервисного центра

Экономический эффект владельца автомобильной техники определяется уменьшением упущенной выгоды от простоя в очереди и при проведении диагностики:

$$\mathcal{E}_B = \mathcal{Z}_{\text{Оч}} + \mathcal{Z}_D, \text{ где}$$

$\mathcal{Z}_{\text{Оч}}$ – упущенная выгода владельца от простоя автомобиля в очереди на обслуживание;

\mathcal{Z}_D – упущенная выгода владельца от времени проведения диагностики.

Упущенная выгода владельца от простоя автомобиля в очереди на обслуживания определяются исходя из времени простоя в очереди и стоимости простоя автомобиля.

$$\mathcal{Z}_{\text{Оч}} = t_{\text{Оч}} * C_{\text{ПР}}, \text{ где}$$

$t_{\text{Оч}} = 15 \text{ мин} = 0,25 \text{ час}$ – среднее время ожидания автомобиля в очереди на обслуживание;

$C_{\text{ПР}} = 110 \text{ руб/час}$ – средняя норма стоимости простоя автомобиля.

Затраты от простоя автомобиля на постах обслуживания определяются исходя из времени проведения диагностики, времени ожидания запасных частей и стоимости простоя автомобиля:

$$\mathcal{Z}_{\text{ОБ}} = (\Delta t_{\text{ПД}} + t_{\text{ОЗЧ}}^{\text{min}}) * C_{\text{ПР}}, \text{ где}$$

$\Delta t_{\text{ПД}}$ = разница между временем на проведение диагностики до внедрения системы и после, час;

$t_{\text{ОЗЧ}}^{\text{min}} = 2 \text{ часа}$ - необходимое минимальное время на доставку отсутствующих запасных частей для ремонта автомобиля.

										Лист
										107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	ВКР 23 03 03 19 1115 07 00 00 00					

$\Delta t_{\text{ПД}} = t_{\text{ДД}} - t_{\text{НД}}$, где

$t_{\text{ДВ}}$ – время проведения диагностики до внедрения системы;

$t_{\text{ПВ}}$ – время проведения диагностики после внедрения системы.

Таблица 5.2 - Расчет времени на проведение диагностики до внедрения системы

№ п/п	Наименование операции	Время, часы
1.	Диагностика двигателя	126,52
2.	Диагностика тормозной системы	45,44
3.	Диагностика рулевого управления	32,14
	Общее время	204,1

Благодаря внедрению новой системы диагностирования, время на проведение необходимых работ снижается за счет сокращения технологического процесса. Общее время, затрачиваемое диагностом на проведение диагностики по новой технологии, рассчитывается в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Расчет времени на проведение диагностики после внедрения системы

№ п/п	Наименование операции	Время, часы
1.	Диагностика двигателя	64,2
2.	Диагностика тормозной системы	45,26
3.	Диагностика рулевого управления	29,12
	Общее время	138,58

Таким образом, показатель разницы между временем проведения диагностики до внедрения и после внедрения системы:

$$\Delta t_{\text{ПД}} = t_{\text{ДВ}} - t_{\text{ПВ}} = 204,1 - 138,58 = 65,52 \text{ час.}$$

Экономический эффект сервисного центра складывается из сокращения времени на диагностирование, и, как следствие, сокращение фонда оплаты труда:

$$\text{Э}_{\text{СЦ}} = \Delta Z_{\text{Д}}, \text{ где}$$

$\Delta Z_{\text{Д}}$ – снижение затрат на проведение диагностики;

$$\Delta Z_{\text{Д}} = \Delta t_{\text{ПД}} * C_{\text{Д}}, \text{ где}$$

$C_{\text{Д}} = 120 \text{ руб/час}$ – часовая ставка оплаты работы диагноста.

Экономический эффект сервисного центра на один автомобиле-заезд составит:

$$\mathcal{E}_{\text{сц}} = \Delta Z_{\text{д}} = \Delta t_{\text{пд}} * C_{\text{д}} = 65,52 * 120 = 7862,4 \text{руб.}$$

Экономический эффект владельца автомобильной техники:

$$\mathcal{E}_{\text{в}} = Z_{\text{оч}} + Z_{\text{д}} = t_{\text{оч}} * C_{\text{пр}} + (\Delta t_{\text{пд}} + t_{\text{озч}}^{\text{min}}) * C_{\text{пр}} = C_{\text{пр}} * (t_{\text{оч}} + \Delta t_{\text{пд}} + t_{\text{озч}}^{\text{min}} = 110 (0,25 + 65,52 + 2) = 7455,8 \text{руб.}$$

Таким образом экономический эффект на один автомобиле-заезд для диагностики составляет:

$$\mathcal{E}_{\text{т}} = \mathcal{E}_{\text{в}} + \mathcal{E}_{\text{сц}} = 7862,4 + 7455,8 = 15318,2 \text{руб.}$$

Общий экономический эффект за год с учетом того, что за год в автоцентре оформляется 300 заездов для диагностики составит:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{т}} * 300 = 15318,2 * 300 = 4595460 \text{руб.}$$

Расчеты проводились для ресурсного центра АО "ТФК "КАМАЗ".

5.2. РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА ВНЕДРЕНИЕ ПРЕДЛАГАЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Основными затратами являются: проектирование дерева отказов для каждой системы, расчет статистических данных, а также внедрение системы. Над системой работали 2 специалиста. Время, потраченное на все процессы, составило 35 дней, при 12 часовом рабочем дне. Базовая ставка инженера в час, составляет 120 руб.

$$840 * 120 * 2 = 201600 \text{руб.}$$

5.3. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Для определения показателей экономической эффективности сведем в таблице 5.4 необходимые инвестиции и получаемую прибыль.

Таблица 5.4 – Движение денежных средств

Месяцы	Кол-во обращений	Чистый денежный поток, тыс. руб.		Суммарный чистый денежный поток, руб.
		Инвестиции	Прибыль	
0	-	-201600		-201600
1	20		306364	104764
2	18		275727,6	380491,6
3	32		490182,4	870674
4	24		367636,8	1238310,8
5	38		582091,6	1820402,4
6	41		628046,2	2448448,6

7	26		398273,2	2846721,8
8	21		321682,2	3168404
9	15		229773	3398177
10	23		352318,6	3750495,6
11	17		260409,4	4010905
12	25		382955	4393860
Итого	300	-201600	4595460	4393860

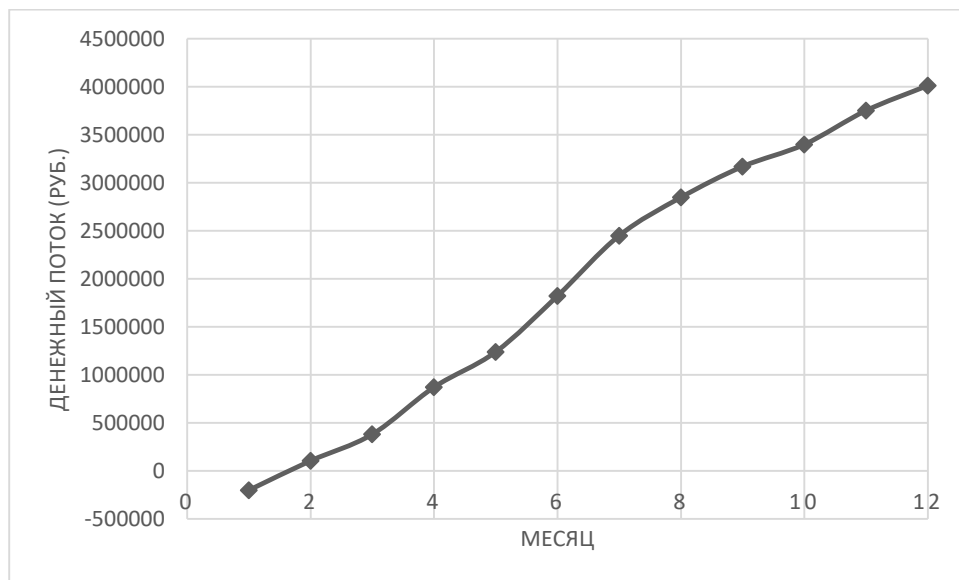


Рисунок 5.1 - График движения денежных средств

Согласно графику, представленному на рисунок 5.1 срок окупаемости вложенных инвестиций составит 1 месяц.

5.4. ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

Расчет экономической эффективности внедрения мероприятий по совершенствованию процессов диагностики методом FTA показал:

- внедрение разработанного метода позволяет повысить эффективность выполнения диагностических работ при сервисном сопровождении автомобилей;
- внедрение системы экономически оправдано, поскольку позволяет не только сократить время диагностирования всех систем, но и время простоя автомобиля в ожидании обслуживания, тем самым, сократив упущенную выгоду для клиентов при коммерческой эксплуатации автомобильного транспорта;
- экономический эффект от внедрения составит 4595460 руб., при сроке окупаемости в 1 месяц и вложении инвестиций в размере 201600 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день существующие процессы технического обслуживания требуют введения новых операций. Этот факт позволяет говорить о том, что конкурентоспособными окажутся те сервисные центры, которые быстро адаптируются под изменяющиеся условия и будут в состоянии оказать услуги по ТО для каждого узла и агрегата автомобиля, включая всевозможные датчики, а также операции по проверке программного обеспечения.

Анализ теории надежности показал, что с ростом автоматизации и усложнения конструкции автомобиля, проблема усовершенствования технического обслуживания остается актуальной. Поскольку это на прямую влияет на конкурентоспособность.

В связи с этим была поставлена цель выпускной квалификационной работы: снижение время диагностирования путем применения метода FTA в технологическом процессе.

В данной работе были рассмотрены существующие методы прогнозирования отказов технических систем, изучена сущность метода FTA, построили дерево отказов грузового автомобиля КАМАЗ на основании статистики отказов, полученных из рекламаций дилерских центров, построили технологический процесс диагностирования систем автомобиля с учетом внедрения метода FTA, оценили эффективность разработанных технологических процессов. Экономический эффект от внедрения составит 4595460 руб., при сроке окупаемости в 1 месяц и вложении инвестиций в размере 201600 рублей.

										Лист
										111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	ВКР 23 03 03 19 1115 07 00 00 00					

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ngpedia. Неплановый ремонт. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ngpedia.ru/id398658p2.html>, Дата обращения: (10.04.2019).
2. МВД.РФ. ПДД. [Электронный ресурс] URL: <https://62.мвд.рф/news/item/9667733>, Дата обращения: (22.04.2019).
3. World Health Organization. Статистика ДТП. [Электронный ресурс] URL: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/, Дата обращения: (22.04.2019)
4. IT expert. FTA. Дерево отказов, как метод структурного анализа, пример дерева событий и происшествий. [Электронный ресурс] URL: <https://www.itexpert.ru/rus/ITEMS/77-30/>, Дата обращения: (17.03.2019).
5. Стандарт США - MIL-HDBK-217. Reliability prediction of electronic equipment. Developed by the Department of Defense with the assistance of the military departments, federal agencies, and industry, 1991.
6. ГОСТ 27.002 – 89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: издательство стандартов, 1989.
7. Wiki. Ремонтпригодность. [Электронный ресурс] URL: <https://wiki.sc/wikipedia>, Дата обращения (10.04.2019).
8. Poznayka. Показатели ремонтпригодности. [Электронный ресурс] URL: <https://poznayka.org/s61580t1.html>, Дата обращения (10.04.2019).
9. Academic. Долговечность. [Электронный ресурс] URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/85254/>, Дата обращения (8.04.2019).
10. Helpiks. Срок службы. [Электронный ресурс] URL: <https://helpiks.org/8-18437.html>, Дата обращения (19.03.2019).
11. Studopedia. Сохраняемость. [Электронный ресурс] URL: https://studopedia.su/2_2_nadezhnost-sohranyaemost-i-bezotkaznost.html, Дата обращения: (8.04.2019).
12. Studfiles. Безотказность. [Электронный ресурс] URL: <https://studfiles.net/preview/2215997/page:2/>, Дата обращения: (17.03.2019).

13. Docs.cntd. ГОСТ Р 51901.5-2005. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200041156>, Дата обращения: (25.03.2019).

14. 4brain. Методы-статистического-анализа. [Электронный ресурс] URL: <https://4brain.ru/blog/методы-статистического-анализа/>, Дата обращения: (25.03.2019).

15. Helpiks. Методы прогнозирования отказов. [Электронный ресурс] URL: <https://helpiks.org/8-95907.html>, Дата обращения: (25.03.2019).

16. Studfiles. Информационные технологии. [Электронный ресурс] URL: <https://studfiles.net/preview/3539436/>, Дата обращения (4.04.2019).

17. Kaur, K., Failure prediction and health status assessment of storage systems with decision trees / Kaur, K. // 2nd International Conference on Advanced Informatics for Computing Research, ICAICR 2018, Shimla; India. - Volume 955, 2019. - Pages 366-376.

18. Yan, W., Probabilistic machine learning approach to bridge fatigue failure analysis due to vehicular overloading / Yan, W., Deng, L., Zhang, F., Li, T., Li, S. // Engineering Structures. - Volume 193, 15 August 2019. - Pages 91-99.

19. Martínez-Lucas, G., Risk of penstock fatigue in pumped-storage power plants operating with variable speed in pumping mode / Martínez-Lucas, G., Pérez-Díaz, J.I., Chazarra, M., Sarasúa, J.I., Cavazzini, G., Pavesi, G., Ardizzon, G. // Renewable Energy, April 2019. - Pages 636-646.

20. Helmer, T., Development of an integrated test bed and virtual laboratory for safety performance prediction in active safety systems / Helmer, T., Kühbeck, T., Gruber, C., Kates, R. // 34th FISITA World Automotive Congress; Beijing; China. - Volume 197 LNEE, Issue VOL. 9, 2013. - Pages 417-431.

21. Wu, J., Degradation Data-Driven Time-To-Failure Prognostics Approach for Rolling Element Bearings in Electrical Machines / Wu, J., Wu, C., Cao, S., Or, S.W., Deng, C., Shao, X. // IEEE Transactions on Industrial Electronics. - Volume 66, Issue 1, January 2019. - Pages 529-539.

					<i>ВКР 23 03 03 19 1115 07 00 00 00</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>		113

22. Z. Vintř and M. Vintř, "An application of FMEA for warranty cost assesment," 2009 8th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety, Chengdu, 2009, pp. 612-616.

23. T. Tang, Y. Lu, T. Zhou, H. Jing and H. Sun, "FTA and FMEA of braking system based on relex 2009," Proceedings of International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM), Harbin, Heilongjiang, 2011, pp. 106-112.

24. Григорьев, М. В. Повышение эксплуатационной надежности электронных систем управления двигателем (на примере систем BOSCH M1.5.4 и МИКАС 5.4): автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.В. Григорьев. – М.: МАДИ, 2004. - 20 с.

25. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере: учебное пособие. - М.: Финансы и статистика, 1999. 384 с.: ил.

26. Мухаметдинов Э.М. «Совершенствование системы фирменного сервиса с целью повышения безотказности автомобилей», 2009 год.

27. Wang, F., Fault tree analysis of the causes of urban smog events associated with vehicle exhaust emissions: A case study in Jinan, China. / Wang, F., Zheng, P., Dai, J., Wang, H., Wang, R. // Science of the Total Environment. - Volume 668, 10 June 2019. - Pages 245-253.

28. Zgonc, B., The impact of distance on mode choice in freight transport / Zgonc, B., Tekavčić, M., Jakšič, M. // European Transport Research Review. - Volume 11, Issue 1, 1 December 2019.

29. D. Ma, Constructing Bayesian Network by Integrating FMEA with FTA / D. Ma, Z. Zhou, Y. Jiang and W. Ding // Fourth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control, Harbin, 2014. - pp. 696-700.

30 J. Guo, Hydro-pneumatic suspension gasbag reliability improvement based on FMEA and FTA / J. Guo, N. Jiao, L. Jiang, X. Han and X. Zhang // 10th International

Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS), Guangzhou, 2014. - pp. 592-594.

31. Statistica. Анализ дерева отказов. [Электронный ресурс] URL: <http://statistica.ru/knowledge-clusters/technical-sciences/analiz-dereva-otkazov/>, Дата обращения (4.04.2019).

32. Studfiles. Метод дерева отказов. [Электронный ресурс] URL: <https://studfiles.net/preview/4614243/page:7/>, Дата обращения: (21.04.2019).

33 Makarova, I., ITS Safety Ensuring Through Situational Management Methods / Makarova, I., Shubenkova, K., Mukhametdinov, E., Mavrin, V., Antov, D., Pashkevich, A // International Conference on Intelligent Transport Systems, INTSYS 2017. - Volume 222. - Pages 133-1431.

34. Tsybunov, E., Interactive (Intelligent) Integrated System for the Road Vehicles' Diagnostics / Tsybunov, E., Shubenkova, K., Buyvol, P., Mukhametdinov, E // International Conference on Intelligent Transport Systems, INTSYS 2017, - Volume 222. - Pages 195-2041.

35. Ragab, A., Deep understanding in industrial processes by complementing human expertise with interpretable patterns of machine learning / Ragab, A., El Koujok, M., Ghezzaz, H., Amazouz, M., Ouali, M.-S., Yacout, S. // Expert Systems with Applications. - Volume 122, 15 May 2019. - Pages 388-405.

36. Yazdi, M., Footprint of knowledge acquisition improvement in failure diagnosis analysis / Yazdi, M. // Quality and Reliability Engineering International. - Volume 35, Issue 1, February 2019. - Pages 405-422.

37. Zhang, X., A novel fault diagnosis approach of a mechanical system based on meta-action unit / Zhang, X., Zhang, G., Li, Y., Ran, Y., Wang, H., Gong, X. // Advances in Mechanical Engineering. - Volume 11, Issue 2, 1 February 2019.

38. Xin, S., Reconstruction of the fault tree based on accident evolution / Xin, S., Zhang, L., Jin, X., Zhang, Q., // Process Safety and Environmental Protection, January 2019. - Pages 307-311.

39. Wu, P., Crash Risk Evaluation and Crash Severity Pattern Analysis for Different Types of Urban Junctions: Fault Tree Analysis and Association Rules Approaches / Wu, P., Meng, X., Song, L., Zuo, W. // Transportation Research Record, 2019. (Статья в печати).

40. Palem, G. M2M Telematics & Predictive Analytics, 2013. [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/236336259_M2M_Telematics_Predictive_Analytics#pf8, Дата обращения (25.05.2019).

41. Prod-bentleycdn. January_Uptime_Richard Irwin.pdf. [Электронный ресурс] URL: https://prod-bentleycdn.azureedge.net/-/media/files/documents/articles/january_uptime_richard-irwin.pdf?la=en&modified=20180201185228, Дата обращения (25.05.2019).

42. Forbes. Big Data At Volvo: Predictive, Machine-Learning-Enabled Analytics Across Petabyte-Scale Datasets. [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/07/18/how-the-connected-car-is-forcing-volvo-to-rethink-its-data-strategy/#665cd1763e8d>, Дата обращения (25.05.2019).

43. Content.pivotal. The Data Science Behind Predictive Maintenance For Connected Cars. [Электронный ресурс] URL: <https://content.pivotal.io/blog/the-data-science-behind-predictive-maintenance-for-connected-cars>, Дата обращения (25.05.2019).

44. Znaytovar. Что такое технологические карты и для чего они нужны. [Электронный ресурс] URL: <https://znaytovar.ru/s/chto-takoe-technologicheskie-kart.html>, Дата обращения (25.05.2019).

45. Delta-grup. Технологический процесс и его элементы. [Электронный ресурс] URL: <http://delta-grup.ru/bibliot/6/20.htm>, Дата обращения (25.05.2019).

46. Stat.gibdd. Показатели состояния безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс] URL: <http://stat.gibdd.ru>, Дата обращения (25.05.2019).

47. Transportpart. Техническое состояние и безопасность автотранспортных средств. [Электронный ресурс] URL: <http://www.transportpart.ru/pojds-111-2.html>, Дата обращения (25.05.2019).

										<i>Лист</i>
										<i>116</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВКР 23 03 03 19 1115 07 00 00 00</i>					

48. Gostexpert. ГОСТ 12.2.003-83. [Электронный ресурс] URL: <http://gostexpert.ru/gost/gost-12.2.003-83>, Дата обращения (25.05.2019).

49. Docs.cntd. Общесоюзные нормы технологического проектирования. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035829>, Дата обращения (25.05.2019).

50. Revolution.allbest. Техника безопасности диагностического участка. [Электронный ресурс] URL: https://revolution.allbest.ru/life/00373461_0.html, Дата обращения (25.05.2019).

										Лист
										117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	ВКР 23 03 03 19 1115 07 00 00 00					