



«SATBAYEV UNIVERSITY

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И  
ПРОМЫШЛЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ,  
ТРАНСПОРТ И ЛОГИСТИКА

### ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему: «Разработка средств диагностирования грузовых  
автотранспортных средств на предприятиях ПСВ»

по специальности: «Технологические машины и оборудование (по отраслям)»

Выполнил:

Джундыбаев Т. Е.

Научный руковод

докт.техн.наук, профессор  
И.Н. Столповских

Алматы 2021

SATBAYEV UNIVERSITY

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Технологические машины, транспорт и логистика»

5B072400 – «Технологические машины и оборудование (по отраслям)»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой ТМ,ТиЛ

Канд. техн. наук.

С.А. Бортебаев

\_\_\_\_\_ 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся: Джундыбаеву Т.Е.

Тему: Разработка средств диагностирования грузовых автотранспортных средств на предприятиях ПСВ

Утверждена приказом Ректора Университета №230-п от 21. 10. 2020г.

Срок сдачи законченной работы "18" Марта 2021 г.

Исходные данные к дипломной работе:

Данные по отказам автотранспортных средств АО «Казатомпром»

Краткое содержание дипломной работы:

1. Общие сведения о неисправностях дизельных двигателей на предприятиях АО «Казатомпром».

2. Разработка методов и средств диагностики дизельных двигателей.

3. Целевая функция диагностирования.

4. Состав строенной системы диагностирования.


5. Оценка технико – экономической эффективности разработанных рекомендации.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 10 слайдов презентации работы.

Рекомендуемая основная литература: из 26 наименований.

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект)  
с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Столповских И.Н.		
Нормоконтролер	Бортебаев С.А.		

Научный руководитель  Столповских И.Н.

Задание принял к исполнению обучающийся  Джулдыбаев Т.Е.

Дата " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Среди основных факторов, определяющих эффективность эксплуатации автомобилей, ведущее место принадлежит системе технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), ее научной обоснованности и совершенству, в настоящее время определяемая, как планово-предупредительная система (ППС) ТО и Р. Огромное значение в развитии системы ТО и Р имеет диагностирование автомобилей.

Особенно актуальным в настоящее время является совершенствование систем диагностирования дизелей. В настоящее время широкое распространение получили системы диагностирования, как в виде стационарных приборных комплексов, так и встроенных систем диагностирования. Однако применение встроенного диагностирования увеличивает среднюю стоимость автомобилей, использующих компьютерные системы контроля работы двигателя, на 2-5 процентов.

Существующие методы и построенные на их основе приборные комплексы, отличаются большой трудоемкостью выполнения диагностирования, высокой ценой и сложностью, поэтому не доступны для предприятий урановой отрасли с небольшой мощностью.

Сложность диагностирования дизельных двигателей, и в особенности топливной аппаратуры, определяет необходимость применения в практике эксплуатации автомобилей большого набора методов и средств диагностирования двигателей. Применение существующих средств встроенного диагностирования автомобильных дизелей экономически нецелесообразно в силу высокой стоимости диагностического оборудования. Для комплексного диагностирования автомобильных дизелей на малых и средних предприятиях урановой отрасли, работающих в отрыве от производственных баз, целесообразна разработка эффективной методики поиска неисправностей дизелей, перспективной в отношении массовой реализации, как в средствах внешнего, так и встроенного диагностирования.

В связи с вышеизложенным актуальным являются разработка методик определения технического состояния дизелей специализированных автомобилей и определение на их основе оптимальной периодичности профилактики элементов дизеля.

Целью проекта является повышение эффективности технической эксплуатации автомобилей на основе вероятностно-логической модели поиска неисправностей.

Задачами проекта являются:

- Поиск путей совершенствования существующих методов и средств диагностирования дизелей специализированных автомобилей.
- Развитие теоретических положений определения параметров вероятностно-логической модели поиска неисправностей двигателей.

- Выбор элементов, оказывающих наибольшее влияние на техническое состояние дизелей.
- Экспериментальное подтверждение влияния встроенной системы диагностирования на показатели эффективности эксплуатации дизелей.
- Разработка алгоритма встроенной системы диагностирования дизелей с использованием вероятностно-логической модели поиска неисправностей.
- Оценка экономической эффективности внедрения разработанной, системы диагностирования дизелей.

Практическая значимость заключается в разработке вероятностно-логической методики контроля работоспособности и выявления неисправностей путем встроенной системы диагностирования дизелей, а также структуры и алгоритма выявления неисправностей, внедрение которых в технологический процесс технического обслуживания и ремонта позволит повысить эффективность эксплуатации дизельных автомобилей.

# 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

## 1.1 Общие сведения о неисправностях и их влияние на состояние системы питания дизельного двигателя специализированных автомобилей

Опыт эксплуатации автомобильного парка показывает, что значительная доля автомобилей эксплуатируется с неисправностями, которые ведут к снижению показателей их работы.

К техническому состоянию системы питания дизеля предъявляются особые требования [1], гарантирующие безотказную и надежную работу топливной аппаратуры. Вызвано это тем, что плунжерные пары топливных насосов высокого давления и игла с корпусом распылителя форсунки (попарно) обработаны и притерты с высокой точностью и представляют собой прецизионные пары, в которых замена одной из деталей деталью из другой пары не допускается.

Анализируя признаки неисправностей дизельных двигателей (рисунок 1.1) приходим к выводу, что в большей степени встречаются неисправности, связанные с топливной системой. Ремонт и обслуживание этих систем, очень дороги, исходя из критерия нехватки оборудования и квалифицированных специалистов.

Слишком ранний впрыск значительно увеличивает период задержки воспламенения из-за низкой температуры заряда в цилиндре двигателя. Одновременно процесс сгорания смещается относительно таким образом, что максимальное давление  $P_z$  достигается до прихода поршня в ВМТ (верхняя мертвая точка). Это сопровождается увеличением работы сжатия, уменьшением работы расширения, падением индикаторных показателей и, соответственно, увеличением расхода топлива и дымности отработавших газов [2].

Поздний впрыск, при котором процесс сгорания развивается на такте расширения, приводит к уменьшению полезной работы, увеличению потерь тепла в систему охлаждения, и, как следствие, к падению индикаторных показателей и увеличению дымности отработавших газов дизеля [3].

Давление начала подъема иглы распылителя форсунки оказывает существенное влияние на распыление топлива, которое улучшается с повышением силы затяжки пружины форсунки. Снижение давления начала подъема иглы распылителя на 12% против оптимального увеличивает удельный расход топлива на 2,5%, а дымность отработавших газов - в 1,5 раза.

Причиной высокой интенсивности отказов распылителей форсунок из-за закоксовывания распылителей является их высокая тепловая напряженность, а также нарушение регулировок топливной аппаратуры. Значительное влияние на состояние нагнетательных клапанов секций ТНВД оказывает регулировка топливной аппаратуры. Отказы топливопроводов высокого

Затрудненный запуск холодного двигателя					
Затрудненный запуск горячего двигателя					
Неустойчивый холостой ход					
Перебои в работе двигателя под нагрузкой					
Падение мощности двигателя					
Повышенный расход топлива					
Повышенная дымность, черный выхлоп					
Повышенная дымность, сизый выхлоп					
"Жесткая" работа дизеля					
Двигатель не развивает оборотов					
Двигатель идет "вразнос"					
					Подсос воздуха в топливную систему
					Неисправен электромагнитный клапан
					Малая пусковая подача, неисправен ТДНВ
					Неисправен ТДНВ
					Засорены топливопроводы, загустители топливо
					Забит топливный фильтр
					Загрязнен воздушный фильтр
					Забиты трубопроводы "обратки"
					Ранний впрыск топлива
					Поздний впрыск топлива
					Нарушения регулировки подачи
					Неисправна форсунка (форсунки)
					Неисправна система предпускового подогрева
					Нарушены зазоры в приводе клапанов
					Низкая компрессия, износ ЦПГ
					Повреждение одного из цилиндров
					Неисправен турбокомпрессор
					Забит нейтрализатор ОГ

Рисунок 1.1- Признаки неисправностей дизельных двигателей

давления связаны с повышенной амплитудой давления в них [4].

Таким образом, сохранение нормальных показателей работы транспортных дизелей в эксплуатации в значительной степени определяется своевременным и качественным техническим обслуживанием, и ремонтом системы топливоподачи, которая требует регулировки чаще, чем остальные системы дизеля [12, с. 56-58].

Одним из важнейших мероприятий по экономии топлива является постоянный контроль технического состояния топливной аппаратуры дизельного двигателя, своевременное выполнение технического обслуживания системы питания. При техническом обслуживании системы питания дизельного двигателя особое внимание уделяют: чистоте приборов питания, герметичности соединений топливопроводов и приборов системы питания; проверяют состояние и действие приводов подачи топлива; сливу отстоя из фильтров

грубой и тонкой очистки топлива; замене масла в муфте опережения впрыска топлива и в топливном насосе высокого давления [5].

Проблему повышения эффективности использования подвижного состава автомобильного транспорта, можно решить путем совершенствования управления техническим состоянием автомобилей, используя наиболее полно его индивидуальные возможности в процессе эксплуатации.

Развитие этих направлений, должно осуществляться на единой технологической основе, обеспечивающей наибольшую эффективность их применения.

Следует отметить, что правильно проведенное диагностирование, способствует снижению затрат на ТО и Р, позволяет существенно улучшить эффективные показатели автомобиля, такие как мощность, расход топлива, токсичность отработавших газов.

Таким образом, немаловажные резервы эффективности технической эксплуатации подвижного состава не могут быть реализованы без развития внешнего и встроенного диагностирования, которое является средством персональной оперативной информации о техническом состоянии автомобилей и каждого узла в отдельности, что особенно необходимо для автомобилей, работающих в отрыве от производственных баз.

Рассмотрим многоцилиндровый дизель как совокупность, двух структур, построенных по функциональному и объемному признаку. В первом случае, двигатель рассматривается, состоящий из ряда функциональных систем: система питания, ЦПГ, ГРМ и др., во втором случае - из отдельных цилиндров. Наличие такого подхода предопределило диагностирование двигателя - на диагностирование по функциональной и по объемной схеме.

Современные системы диагностирования дизелей, в основном, построены по функциональной схеме. В этом случае, неисправность локализуется последовательным перебором, как по системам двигателя, так и по цилиндрам, что увеличивает трудоемкость диагностирования [6].

Особое значение имеет диагностирование системы питания дизелей, в связи с большим количеством отказов и трудовых затрат на их устранение.

Вместе с тем, ее техническое состояние во многом определяет мощностные, экономические и экологические показатели дизеля.

За последние 10 лет произошли существенные изменения в конструкциях топливной аппаратуры современных дизелей, что во многом было продиктовано более жесткими требованиями экологов к автомобильным дизелям. Эволюция систем шла в двух основных направлениях: повышение давления впрыска до 100...200 МПа, против 15...50 МПа у прежних систем и внедрение электронного управления впрыска, позволяющее иметь гибкую характеристику впрыска, которая наиболее часто реализуется в двухфазном впрыске.

Поэтому выпускаемые средства для диагностирования дизелей классифицирует по следующим показателям (таблица 1.3).

Вместе с тем анализ парка дизелей в нашей стране, показывает, что подавляющее большинство оборудованы системами старого образца, более того,



новые грузовые автомобили, оборудуются механическими многоплунжерными ТНВД (топливный насос высокого давления) и позволяют выполнять нормы токсичности Евро I, II.

Таблица 1.3 - Классификация выпускаемых средств для диагностирования

Классифицирующие признаки	Средства диагностирования
1	2
Степень автоматизации	Механизированные; автоматизированные; автоматические
Назначение и приспособленность для диагностирования	Устройство и приборы для измерения отдельных параметров или узлов; стенды для испытаний; диагностические системы и мотор-тестеры
Исполнение	Портативные; передвижные; стационарные; бортовые; внедренные в систему управления работой дизеля
Состояние объекта диагностирования	Используемые при: нефункционирующем объекте; функционирующем объекте; тестовых воздействиях на объект; любых состояний объекта
Характеристика информации по объекту	Количественная оценка; качественная оценка; количественная или качественная оценка прогнозированием состояния
Адаптивность	Все операции проводятся с участием оператора (мастера-наладчика), настройка параметров и режимов диагностирования проводятся оператором; самонастраивающиеся
Спектр решаемых задач	Информация о состоянии, прогнозирование и рекомендации; информация о формировании базы данных для автоматической настройки и управления работы ДВС.

Среди стационарных стендов по проверке и регулировке топливной аппаратуры наиболее распространены отечественные модели: КИ-22210, КИ-921 МТ, КИ-15711М-(01,03,05,06) [7]. Из импортных стендов сравнительно недорогими являются стенды серии Star венгерского производства и Motorpal NC-133 чешского производства. В техническом отношении лидируют стенды Bosch EPS 575 и Hartridge AVM2-PC, они имеют электронную систему измерения количества подаваемого топлива, отображение информации на дисплее персонального компьютера. Однако есть у этих стендов серьезный недостаток - их высокая цена.

Стенды для проверки дизельных форсунок позволяют: контролировать настройку давления начала подъема иглы форсунок; производить испытание работы распылителя, проверять герметичность форсунки и подтекание под седлом иглы распылителя. Из стендов отечественного производства можно отметить стенды М-106, КИ-15706. От зарубежного производителя наиболее доступным по цене является стенд итальянской фирмы Zesa. По конструкции он почти идентичен стенду Bosch, но гораздо дешевле. На заказ стенд Zesa комплектуется удобной камерой для сбора паров топлива с зеркальным отражателем, облегчающим наблюдение за формой факела распыления. Повышение требований к токсичности привело к появлению нового поколения стендов для проверки дизельных форсунок — с микропроцессором и цифровой индикацией давления. Недорогой вариант такого стенда производится чешской фирмой Motorpal, а наиболее совершенным является стенд Testmaster-2 английской фирмы Hartridge. Однако стоимость подобных приборов на порядок выше аналогов, что практически не окупается преимуществом в точности [8].

Алгоритм диагностирования дизеля методами, построенными по объемной схеме, более эффективен, он позволяет избежать последовательного, непроизводительного перебора параметров в рамках цилиндров и функциональных систем. При диагностировании дизеля по гармоническому анализу колебаний давления в органах газообмена оценка технического состояния производится по спектральным характеристикам колебаний давления во впускном и выпускном коллекторах и камере двигателя. Основным недостатком данного метода является необходимость применения стенда тяговых качеств (СТК) для создания диагностических режимов, что сдерживает его применение.

Метод диагностирование по неравномерности вращения коленчатого вала, осуществляется на режимах холостого хода (минимальных оборотах и свободном ускорении, при максимальной подаче топлива), что исключает необходимость применения СТК, а потому является более перспективным для внедрения в предприятиях малой мощности.

Однако разработанный метод применительно к автомобильным дизелям, обладает рядом существенных недостатков, таких как:

- локализация неисправностей по цилиндрам и системам производилась на установившемся режиме работы (минимальные обороты холостого хода), на котором в силу влияния всережимного регулятора частоты вращения коленчатого вала происходят искажение снимаемых параметров;

- на режиме свободного ускорения производится только оценка технического состояния дизеля в целом;

- сильная зависимость параметров диагностирования от средней частоты вращения коленчатого вала, что значительно усложняет постановку диагноза; низкая достоверность постановки диагноза, около 0,7..0,8 [9]. Поэтому представляется целесообразным значительная переработка метода диагностирования по неравномерности вращения коленчатого вала дизеля. При этом именно этот метод в большей степени подходит для использования его в

средствах диагностирования, применение которых было бы экономически оправдано даже в небольших АТП, а особенно, в автоколоннах, работающих в отрыве от производственной базы, а также встроенных средствах диагностирования автомобильных дизелей.

## **1.2 Анализ методов поиска неисправностей**

Современный уровень развития информационных технологий и компьютерной техники определил возможность объединения испытательных устройств разного класса в единый комплекс. Такие системы могут быть оснащены цифровым осциллографом для непосредственного контроля сигналов в электрических цепях, встроенными экспертными системами контроля отклонения параметров от заданных. К средствам испытания, обладающими более широкими и универсальными возможностями, относятся устройства, основанные на методах измерения мощностных и технико-экономических характеристик. К этим характеристикам можно отнести индикаторные диаграммы и внешние скоростные характеристики [10].

Чтобы правильно и быстро поставить диагноз при проверке сложного объекта с помощью отдельных средств диагностирования, необходимо располагать большим количеством данных о функциональных связях между возможными неисправностями и их симптомами, а также обладать достаточным опытом [11].

Если по какой-либо составной части известны лишь комбинации симптомов и их связи с соответствующими неисправностями, но неизвестны вероятности наиболее частого возникновения, характерных для данного симптома, то в этом случае поиск конкретной неисправности ведут, исходя из предположения, что при данном симптоме все связанные с ним неисправности равновероятны [12].

Для выявления причин таких неисправностей должна быть разработана целая система измерительных преобразователей, которые фиксировали бы как редко, так и часто встречающиеся неисправности. Теоретически, такой метод определения неисправностей осуществим, но практически чрезвычайно сложен и дорог [34].

Применение положений теории вероятности, в частности теории информации, позволяет значительно упростить процесс постановки диагноза.

Сущность вероятностного подхода к определению характера неисправности заключается в следующем. На основе статистических данных о закономерностях изменения параметров состояния в зависимости от наработки составной части или машины в целом, о возможных комбинациях симптомов и их связях с неисправностями для каждой неисправности устанавливают вероятность её возникновения и вероятность появления каждого симптома. По полученным материалам разрабатывают программу поиска данной неисправности, который ведут в порядке убывания вероятности возникновения различных отказов, характерных для данного симптома [13].

Поиск неисправности начинают с составных частей, для которых указанное отношение получается минимальным. Например, перегрев двигателя, сопровождаемый кипением воды в радиаторе, возможен в следующих случаях: при срезе шпонки крыльчатки водяного насоса; при чрезмерном загрязнении сердцевины радиатора; при ослаблении ремня вентилятора.

При одинаковой вероятности возникновения двух или более неисправностей, характерных для какого-либо симптома, поиск осуществляют, исходя из минимального времени, затрачиваемого на проверку. Если отношение одинаково для поиска неисправностей с одинаковыми внешними признаками, то в этом случае поиск по методу «время-вероятность» неэффективен, т.к. он приводит к неопределённости, т.е. к случайному выбору последовательности поиска возникшей неисправности.

Важный критерий при выборе оптимальной последовательности поиска неисправностей - минимальная величина средней стоимости проверки. При использовании этого критерия стремятся к тому, чтобы максимальная стоимость поиска отказавшего элемента была наименьшей по сравнению с затратами, получаемыми при других методах проверки. Такой метод поиска получил название метода минимакса.

Если имеются неисправности и отказы, сначала устанавливают возможные причины их возникновения по характерным признакам. Затем, исходя из предполагаемой причины возникновения неисправности, подбирают соответствующие диагностические средства, с помощью которых дают заключение (ставят диагноз) о характере и сущности неисправности.

Метод логического поиска с последовательным исключением не требует применения дополнительного диагностического оборудования, обладает невысокой трудоёмкостью, не требует от проводящего диагностирование высокой квалификации и специальных знаний, но обладает высокой зависимостью от человеческого фактора, т.е. диагностирование ведётся на основании показаний водителя (Рисунок 1.2). Для снижения влияния человеческого фактора нами предлагается вероятностно-логический метод поиска неисправностей, который обладает преимуществами всех проанализированных методов.

Для реализации предлагаемого метода необходимо установить на автомобиль систему встроенного диагностирования для элементов, наиболее часто выходящих из строя. Для дизельного двигателя такой системой является топливная система высокого давления. Это объясняется в основном качеством используемого топлива.

Принципиальная схема топливной системы включает в себя топливный бак, топливопроводы низкого давления, фильтр грубой очистки, топливоподкачивающий насос, фильтры тонкой очистки топлива и топливная система высокого давления [14].

К основным элементам топливной системы высокого давления относятся: топливный насос высокого давления (ТНВД); топливопроводы высокого давления; форсунки.

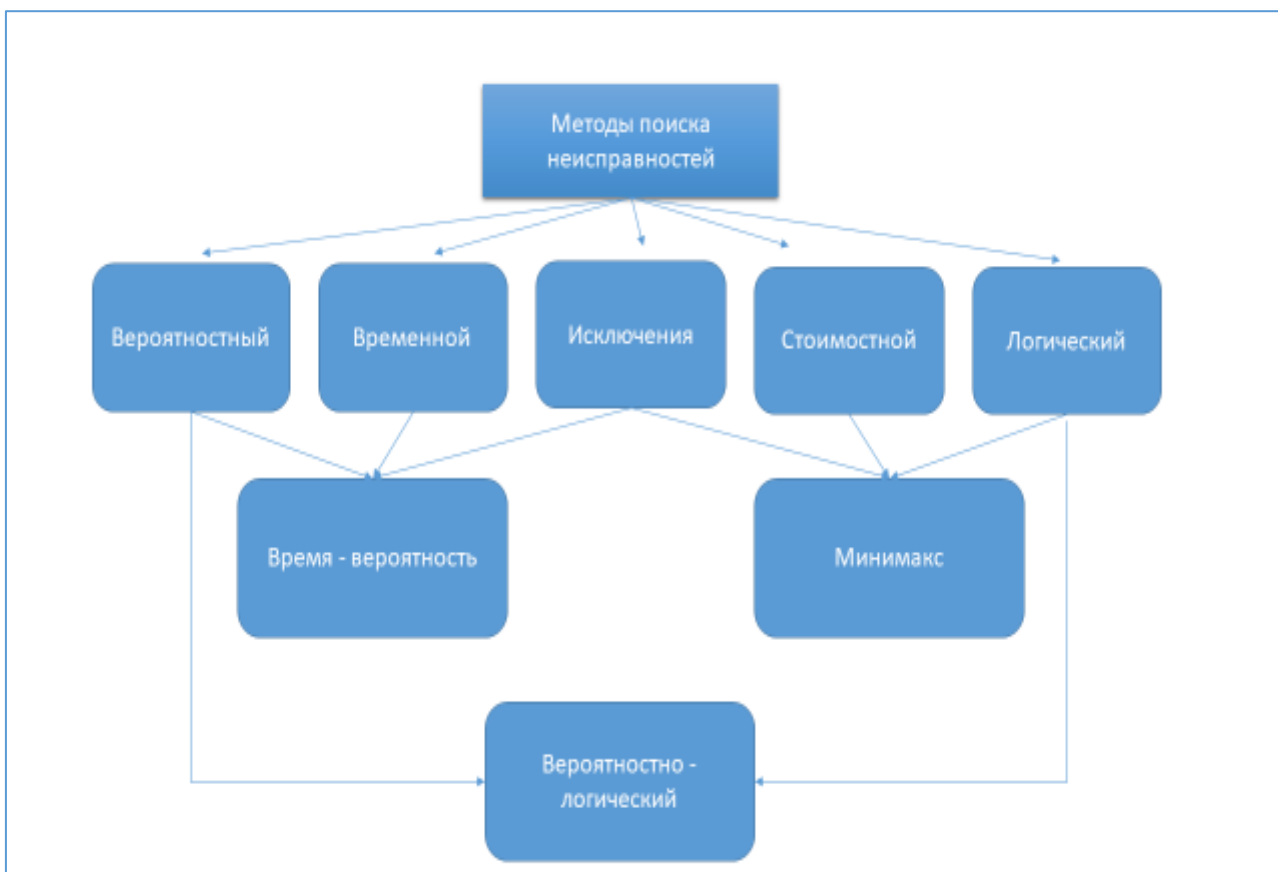


Рисунок 1.2 - Методы поиска неисправностей

Указанные элементы обеспечивают систему подачей топлива в цилиндры двигателя, что способствует при правильной регулировке подавать топливо в необходимые моменты по времени и продолжительности подачи топлива (количества подаваемого топлива).

Из перечисленных элементов наиболее подвержены неисправностям форсунки и ТНВД. Наиболее эффективным на данный момент средством для встроенного диагностирования является накладной датчик, информация от которого обрабатывается и поступает на дисплей прибора. По частоте вращения и ее снижению можно судить о мощности двигателя и общем его состоянии. Обработка информации с датчиков систем смазки, охлаждения и топливной, позволит выявить с помощью логического метода предельные состояния двигателя и своевременно провести профилактические работы [15].

### 1.3 Классификация контрольно-измерительных приборов

Автомобильные контрольно-измерительные приборы (КИП) по способу отображения информации, которую они представляют водителю, разделяют на две группы: указывающие и сигнализирующие (Рисунок 1.3).

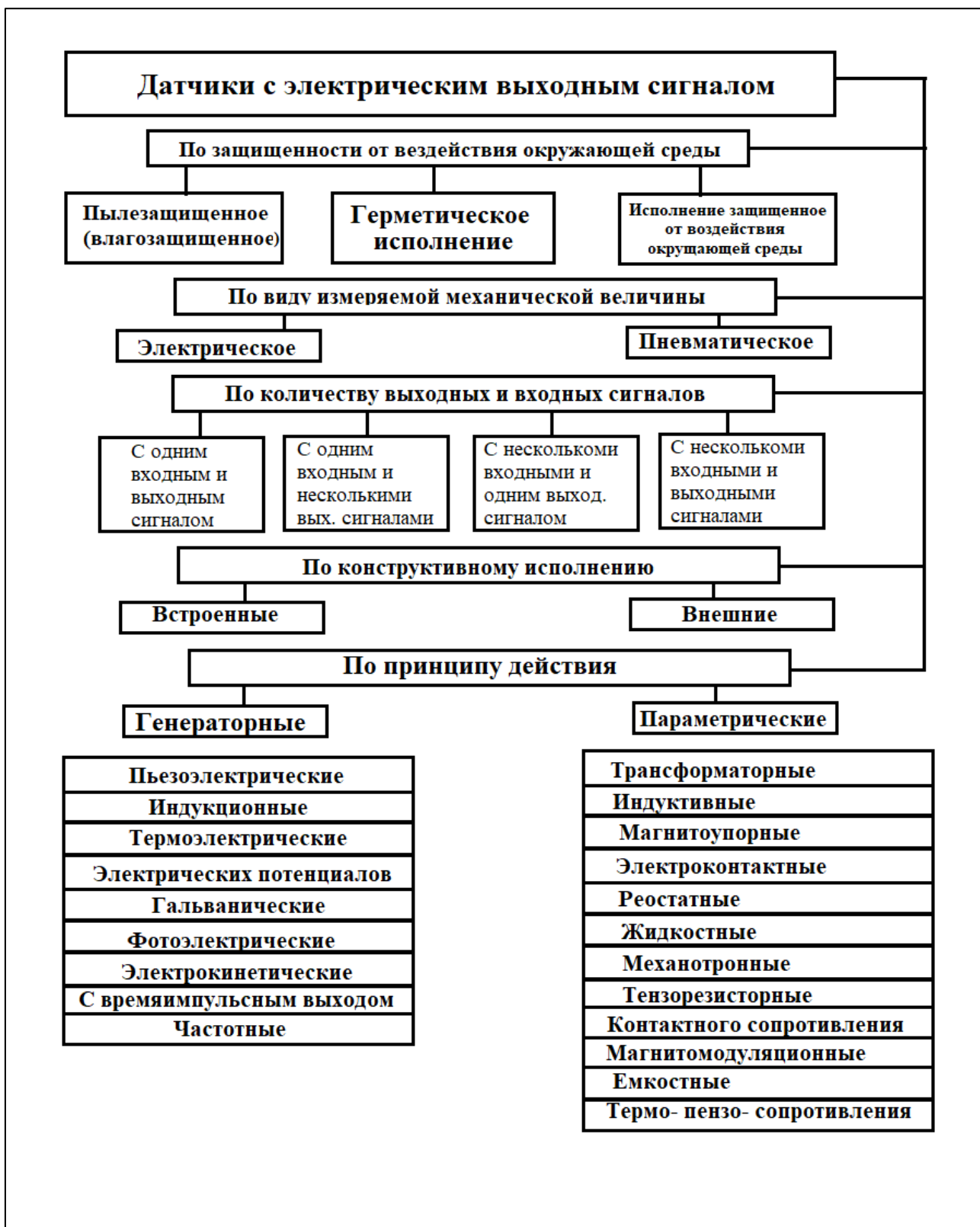


Рисунок 1.3 - Классификация датчиков с электрическим выходным сигналом

Сигнализирующие приборы (сигнализаторы) реагируют лишь на одно, как правило, аварийное значение измеряемого параметра и информирует об этом световым или звуковым сигналом. Сигнализатор удобен для водителя,

поскольку не требует от него постоянного наблюдения и меньше отвлекает от процесса управления автомобилем. Однако информации от сигнализатора поступает к водителю тогда, когда нормальный режим уже нарушен или близок к нарушению [16]. В настоящее время на всех типах автомобилей наблюдается тенденция к увеличению количества сигнализирующих приборов.

Автомобильные приборы разделяют на электрические и механические.

Электрические приборы питаются от бортовой электрической сети автомобиля. Механические же приборы дают показания, используя энергию измеряемой среды (например, манометры для измерения давления в системе смазки). Преимуществом электрических приборов, обеспечившим им широкое распространение на автомобилях, является простота передачи сигналов с места контроля к месту наблюдения [17].

По назначению все контрольно-измерительные приборы автомобилей разделяют на следующие группы: измерения температуры (термометры); измерения давления (манометры); измерения уровня топлива; контроля зарядного режима аккумуляторной батареи; измерения скорости автомобиля и пройденного пути (спидометры); измерения частоты вращения (тахометры).

В параметрических датчиках измеряемая величина преобразуется в параметр электрической цепи: сопротивление, индуктивность, емкость и т.п.

Такие датчики питаются от внешнего источника электрической энергии. К параметрическим датчикам относят емкостные, электромагнитные и магнитоэлектрические, тензорезисторные, магнитомодуляционные датчики, а также датчики контактного сопротивления, и др. (Таблица 1.4). Из перечисленной номенклатуры датчиков в средствах технического диагностирования машин практически применяются потенциометрические, индуктивные, трансформаторные, магнито-упругие и другие датчики [18].

По конструктивному исполнению датчики систем и средств технического диагностирования автомобилей подразделяют на **встроенные**, являющиеся неотъемлемой частью диагностируемого автомобиля, и **внешние**, которые устанавливают на автомобиль лишь на период диагностирования.

Для диагностирования топливной системы дизельного двигателя наибольшее распространение получил метод, основанный на анализе изменения давления, фиксируемого при помощи специального датчика, устанавливаемого у форсунки в разрыв нагнетательного топливопровода. Использование данного метода приводит к необходимости разборки части топливной системы, что является причиной снижения надежности крепления топливопровода. В то же время ухудшение работы топливной системы дизельных двигателей может быть следствием многих причин. Быстро найти действительную причину неудовлетворительной работы топливной системы возможно лишь при соблюдении определенной последовательности в отыскании неисправности и использовании оборудования, позволяющего найти неисправность с наименьшими затратами труда и средств [19].

Таблица № 1.4 - Области применения датчиков в СТД

Наименование датчиков	Измеряемые величины
1	2
Потенциометрические	Абсолютное и избыточное давления жидких и газообразных сред, перепады давлений, различные перемещения, скорость, ускорение, и др.
Тензорезисторные	Давление, усилие, вращающий момент, относительное перемещение, линейное ускорение и др.
Наименование датчиков	Измеряемые величины
Электроконтактные	Временные интервалы и фазовые параметры и др.
Индуктивные	Давление, линейные перемещения и др.
Трансформаторные	Давление и расходы жидких и газообразных веществ, линейные перемещения и др.
Магнитоупругие	Усилие, вращающий момент и др.
Индукционные	Расход жидкости и газа, частота вращения и др.
Пьезоэлектрические	Давление, вибрация, расход и уровень жидкости, фиксация моментов включения и выключения и др.
Термосопротивления	Температуры жидких и газообразных сред и корпусных поверхностей и др.
Фотоэлектрические	Частота вращения, вращающий момент, линейные и угловые размеры и др.
Механотронные	Усилие, давление, малые перемещения и др.

В настоящее время в составе стенда КАД-300 выпускается накладной датчик давления К296.04.00 (базовый), Датчик выполняется из двух частей корпуса 1 и 4, подвижных относительно оси 2. В углублениях подвижных частей корпуса расположены пьезоэлементы из поливинил-дефторидной пленки 6. Электрическими выводами датчика являются контакт 3 и топливопровод высокого давления, на который устанавливается датчик (Рисунок 1,4). Датчик закрепляется на топливопроводе с помощью зажима 5 и рычага 7, применение которого увеличивает надежность крепления на топливопровод. Однако конструкция крепления датчика не позволяет быстро установить его в условиях ограниченного доступа к топливопроводу высокого давления.



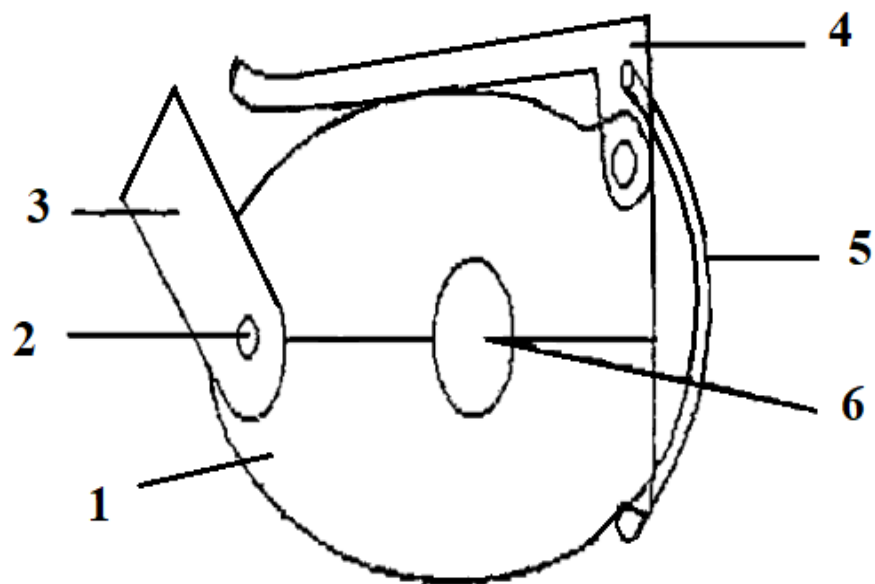


Рисунок 1.4 - Базовый датчик давления

Для снижения трудоемкости данной операции предлагается изменить конструкцию крепления датчика на эксцентриковый (Рисунок 1.5). Датчик выполняется из двух частей корпуса 7 и 10, подвижных относительно оси 3. В углублениях подвижных частей корпуса расположены пьезоэлементы из поливинил-дефторидной пленки 9. На корпусе закреплены плечи 1 и 5. Электрическими выводами датчика являются контакт 6 и топливопровод высокого давления, на который устанавливается датчик. Для установки датчика на топливопровод в корпусе имеется отверстие, соответствующее диаметру топливопровода. Датчик закрепляется на топливопроводе с помощью скобы 2, эксцентрика 4 и рычага 8.

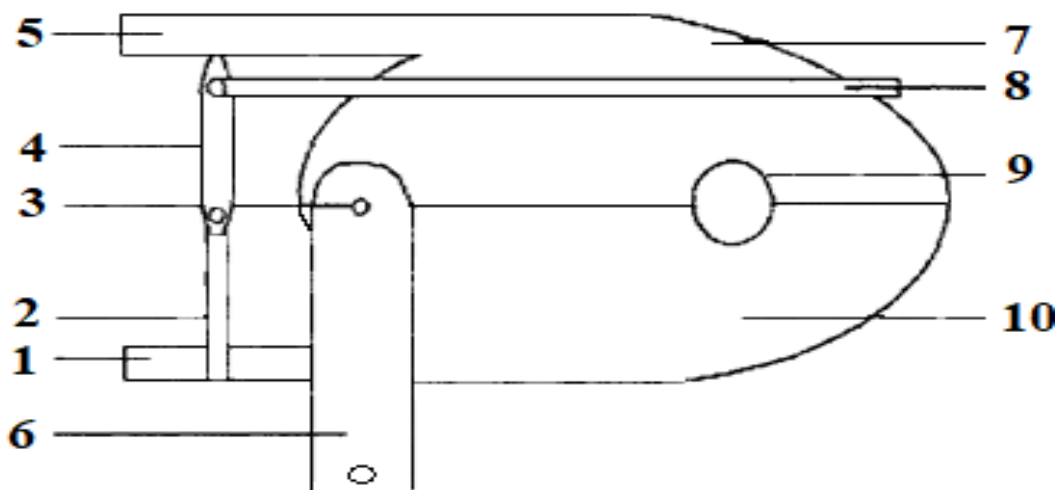


Рисунок 1.5 - Эксцентриковый датчик давления

Применение предложенного крепления датчика позволит снизить трудоемкость на установку и снятие предлагаемого датчик, облегчить работу оператора. Тем самым увеличиваем производительность работы оператора.

Более тщательный анализ предложенной конструкции позволяет сделать вывод о необходимости дальнейшего совершенствования крепления датчика на топливопроводе. Наиболее рациональным представляется пружинный зажим (Рисунок 1.6) [56, с. 127], который выполняется из двух частей корпуса 6 и 7, подвижных относительно оси 3. В углублениях подвижных частей корпуса расположены пьезоэлементы из поливинил л-дефторидной пленки. На корпусе закреплены плечи 2 и 5. Электрическими выводами датчика являются контакт 1 и топливопровод высокого давления, на который устанавливается датчик. Для установки датчика на топливопровод в корпусе имеется отверстие, соответствующее диаметру топливопровода. Датчик закрепляется на топливопроводе с помощью пружины 4. Пружинный зажим позволит снизить время на снятие и установку датчика. Для уменьшения массы и усилия на плечи датчика предлагается выполнять зажим в виде пластинчатой пружины.

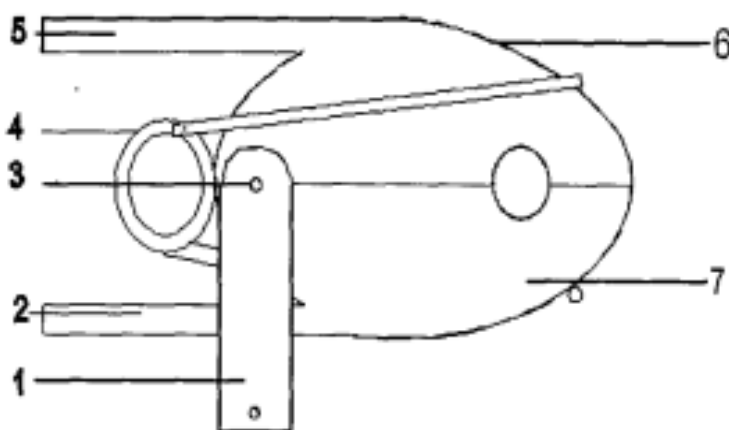


Рисунок 1.6 – Пружинный датчик

Для снижения трудоемкости данной операции предлагается изменить конструкцию крепления датчика. Датчик (Рисунок 1.7) выполняется из двух частей корпуса 7 и 10, подвижных относительно оси 3. В углублениях подвижных частей корпуса расположены пьезоэлементы из поливинилдефторидной пленки 9. На корпусе закреплены плечи 1. Электрическими выводами датчика являются контакт 6 и топливопровод высокого давления, на который устанавливается датчик. Для установки датчика на топливопровод в корпусе имеется отверстие, соответствующее диаметру топливопровода. Датчик закрепляется на топливопроводе с помощью пружинного зажима, а затем поджимается скобой 2, эксцентриком 4 и рычагом.

Применение предложенного крепления датчика позволит снизить трудоемкость на установку и снятие предлагаемого датчика, облегчить работу оператора.

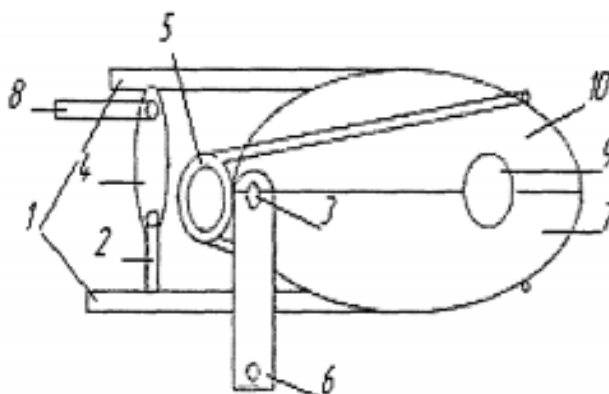


Рисунок 1.7 - Датчик давления с измененной конструкцией  
На предприятиях АО «Казатомпром» в качестве кислотовозов  
используется в основном автомобили российского производства.

## 2 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

### 2.1 Алгоритм диагностирования топливной системы двигателя

К основным элементам топливной системы высокого давления относятся: топливный насос высокого давления (ТНВД); топливопроводы высокого давления; форсунки;

Указанные элементы обеспечивают систему подачи топлива в цилиндры двигателя, что способствует при правильной регулировке подавать топливо в необходимые моменты по времени и продолжительности подачи топлива (количества подаваемого топлива).

Данные устройства обеспечивают работу двигателя на необходимых режимах в процессе работы автомобиля.

С теоретической точки зрения [20] топливная система представляет собой совокупность последовательно соединенных элементов, отказ одного из которых способен привести к неисправности или полному отказу всей системы.

Установлено, что отказ одного или нескольких элементов приводит к нарушению работы всей системы управления с заданными характеристиками и параметрами. При этом автомобиль может сохранить способность к движению при нарушенных параметрах топливной экономичности, экологичности, мощности и других, что равносильно отказу всей системы. Система работоспособна только тогда, когда, по крайней мере,  $k$  из  $n$  системы исправны, тогда:

- параллельное соединение элементов более надежно, чем параллельное соединение систем;
- последовательное соединение систем эффективнее последовательного соединения элементов.

Для создания эффективной системы вероятно-логистического метода диагностирования необходимо создание системы, где элементы системы: база, определяющие состояния объекта (датчики), компьютерный блок с подсистемами анализа состояния и собственной работы соединены между собой с минимальным количеством элементов системы. В то же время они должны решать задачи:

- поиск и прогнозирование времени на устранение дефекта;
- количество и степень операции должны выбираться на основе вероятностного метода и исключаться с помощью логической модели;
- материальные затраты минимизированы путем исключения ненужных элементов системы, например, излишнее количество датчиков системы.

Значит необходимо создать систему, которая будет по алгоритму решать поставленные задачи.

## **2.2 Режимы обеспечения работоспособности автомобиля и его топливной системы**

Отказы и неисправности, связанные с нарушением работы топливной системы, выполняются по дополнительной заявке владельца автомобиля. Их проявления, как правило, субъективно выявляются в процессе эксплуатации при появлении задымления, трудном пуске двигателя, неравномерности работы двигателя на различных режимах, снижении мощности, динамических характеристик, увеличенном расходе топлива и др.

Поддержание в автомобиле работоспособных параметров влечет за собой диагностирование сложной топливной системы и требует специального, сложного и дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного персонала.

С другой стороны, длительная эксплуатация топливной системы без контроля ее работоспособности ведет к накоплению отказов и неисправностей отдельных элементов и к нарушению работы всего автомобиля. В данном случае значительно возрастает стоимость диагностирования и выявления неисправностей, и еще более дорогостоящим становится устранение неисправностей и восстановление работоспособности топливной системы.

Для обеспечения работоспособности системы нам необходимо использовать встроенное диагностирование с помощью специального алгоритма приведенного в п. 2.1. Необходимо разработать блок для формирования базы данных по результатам диагностирования, к нему будет подключаться расчетно-анализирующий блок, далее блок индикации результатов расчета и анализа, выводящий данные на монитор. Элементом встроенного диагностирования будет использоваться накладной датчик давления топлива. В результате регистрируемые данные на мониторе, сигнализируют о решении по проведению профилактических работ в отношении топливной системы двигателя.

## **2.3 Целевые функции диагностирования**

Возможны четыре метода контроля с последующим восстановлением состояния элементов автомобилей:

1. С помощью традиционных внешних средств;
2. Систем встроенных датчиков;
3. Бортовых систем контроля;
4. Саморегулирующих средств.

Для определения эффективности использования первого и второго методов составляют целевые функции, характеризующие зависимость издержек от периодичности диагностирования рассматриваемого элемента автомобиля. Минимум значений этих функций дает оптимальную периодичность диагностирования, при которой издержки на эксплуатацию и ремонт элемента будут минимальные, включая и затраты на диагностирование.

Целевая функция издержек на диагностирование элемента первым методом, его ремонты и простои в ремонтах в зависимости от периодичности диагностирования на тыс. км пробега имеет вид:

$$I_1(l) = l^{-1}[C_1 + C_1 \cdot A_{un}(l) + C_{II} \cdot A_{un}(l) + \Pi \cdot (t_{B1} + t_c \cdot A_{un}(l) + t_a \cdot A_{un}(l))] \quad (2.1)$$

где  $C_1$  - затраты на одно диагностирование;

$C_1$  и  $C_{II}$  - соответственно затраты на профилактическое техническое обслуживание и аварийный ремонт элемента;

$\Pi$  - удельная чистая прибыль, приносимая автомобилем за 1 час эксплуатации;

$A_{up}(l)$  - автомобили, для которых не будет произведено профилактическое техническое обслуживание на пробеге  $l$ ;

$A_{ua}(l)$  - автомобили, для которых будет произведен аварийный ремонт на пробеге  $l$ ;  $t_{B1}$  - время на одно диагностирование;  $t_{II}$  и  $t_a$  - соответственно время, отведенное на профилактическое техническое обслуживание и аварийный ремонт элемента.

Для второго метода диагностирования целевая функция издержек имеет вид:

$$I_2(l) = l^1[C_2 + C_{II} \cdot A_{ип}(l) + C_A \cdot A_{ип}(l) + \Pi \cdot (t_{B2}) + t_c \cdot A_{ип}(l) + t_a \cdot A_{ип}(l)] + l \cdot \frac{C_{свд}}{T_{свд}} \quad (2.2)$$

где  $C_2$  - затраты на одно диагностирование при использовании систем встроенных датчиков;  $t_{B2}$  - время на диагностирование элемента при использовании систем встроенных датчиков;  $C_{свд}$  и  $T_{свд}$  - соответственно затраты на систему встроенных датчиков и срок службы систем встроенных датчиков рассматриваемого элемента; остальные обозначения аналогичны обозначениям для первой функции.

Для первого и второго методов определение технического состояния зависит от периодичности технического обслуживания автомобилей. Поэтому выполнение технического обслуживания, согласно технико-экономическому методу, должно соответствовать минимуму затрат на поддержание и восстановление работоспособности:

$$C_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^k C_{IIi} + \sum_{i=1}^k C_{IIIi} \rightarrow \min \quad (2.3)$$

где  $C_{\Sigma\Sigma}$  - суммарные удельные затраты на ТО и ремонт к элементам, включенных в перечень ступени ТО;

$C_{II}$  - удельные затраты на ТО  $i$ -го элемента;

$C_{III}$  - удельные затраты на ремонт  $i$ -го элемента.

Однако, в общем случае оптимальная периодичность обслуживания группы элементов  $l_{0\Sigma}$  не будет совпадать с оптимальной периодичностью обслуживания  $l_{0i}$  элемента в перечне.

Минимальные удельные затраты элемента соответствуют удельным затратам элемента при оптимальной периодичности обслуживания этого элемента, т. е.  $C_i(l_{oi}) = C_{i \min}$ . Реально элемент будет обслуживаться с групповой периодичностью  $l_{0\Sigma}$ , а тогда его удельные затраты  $C_i(l_{0\Sigma})$  будут больше минимальных затрат  $C_{i \min}$  на величину изменения суммарных удельных затрат:

$$\Delta C_i = C_i(l_{0\Sigma}) - C_{i \min} \quad (2.4)$$

Таким образом, минимальные суммарные издержки при проведении ТО с групповой периодичностью будут  $l_{0\Sigma}$  выше тех, которые достижимы в том случае, если профилактические воздействия по каждому элементу будут выполняться с оптимальной для него периодичностью  $l_{oi}$  на величину изменения суммарных удельных затрат по всем элементам перечня, которые определяется из выражения:

$$\Delta C_\Sigma = \sum_{i=1}^k \Delta C_i \quad (2.5)$$

Величина  $\Delta C_\Sigma$  формируется из изменений удельных затрат элементов перечня  $\Delta C_i$ . Любое увеличение удельных затрат одного элемента должно компенсироваться уменьшением суммарных удельных затрат другого элемента. Желательно, чтобы эти изменения были минимальны. В качестве периодичности проведения ТО для группы операций выбирается такая периодичность  $l_{0\Sigma}$ , которая соответствует минимальным изменениям суммарных удельных затрат АСг по всем элементам перечня, [21] т. е.

$$\sum_{i=1}^k \Delta C_i l_{0\Sigma} \rightarrow \min \quad (2.6)$$

Применение встроенного диагностирования позволит увеличить уровень эксплуатационной надежности автомобильного парка, снизить материальные и трудовые затраты на проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей, уменьшить потребность в технологическом оборудовании и производственно-складских помещениях.

При применении встроенного диагностирования периодичность технического обслуживания будет величиной динамичной, и зависеть от момента достижения агрегатом, системой или деталью допустимого значения параметра состояния.

Ни один из методов группировки операций в перечне не содержит интегрированных оценок обоснованности проведения операций с оптимальной периодичностью  $l_{oi}$ , а с периодичностью ступени ТО  $L_i$ .

Издержки, соответствующие третьему методу диагностирования, определяют по формуле:

$$\text{Из} = T_{бк}^1 (C_{бк} + C_{сп}) + C_{сп} \cdot Q_{в} + П \cdot t_{п} \cdot Q_{в} \quad (2.7)$$

где  $T_{бк}$  - срок службы системы бортового контроля (СБК);

$C_{бк}$  - затраты (стоимость) СБК;

$C_{пр}$  - затраты на ремонт и ТО СБК (применительно к рассматриваемому элементу) за срок его службы;

$Q_v$  - контролируемые части автомобиля, для которых будет произведен профилактический ремонт на каждую тыс. км пробега.

Применение встроенного диагностирования на автомобилях позволяет введения такой оценки модифицированным технико-экономическим методом (ТЭМ).

Как известно, при ТЭМ определяется такая периодичность ТО  $l_{0\Sigma}$  для перечня операций, которая соответствует минимуму затрат на поддержание и восстановление работоспособности по всем элементам, входящим в этот перечень с учетом затрат на техническое обслуживание и ремонт БСК:

$$C_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^k C_{Ii} + \sum_{i=1}^k C_{IIIi} + \sum_{i=1}^k C_{IIII} \rightarrow \min \quad (2.8)$$

где  $C_{\Sigma\Sigma}$  - суммарные удельные затраты на ТО и ремонт  $k$  элементов, включенных в перечень ступени ТО;  $C_{Ii}$  - удельные затраты на ТО  $i$ -го элемента;  $C_{IIi}$  - удельные затраты на ремонт  $i$ -го элемента,  $C_{IIIi}$  - удельные затраты на ТО и ремонт БСК [68].

Однако в общем случае оптимальная периодичность обслуживания группы элементов  $l_{0\Sigma}$  не будет совпадать с оптимальной периодичностью обслуживания  $l_{0i}$  элемента в перечне. Минимальные удельные затраты элемента соответствуют удельным затратам элемента при оптимальной периодичности обслуживания этого элемента, т. е.  $C_i(l_{0i}) = C_{i \min}$ . Реально элемент будет обслуживаться с групповой периодичностью  $l_{0\Sigma}$ , а тогда его удельные затраты  $C_i(l_{0\Sigma})$  будут больше минимальных затрат  $C_{i \min}$  на величину изменения суммарных удельных затрат

$$\Delta C_{\Sigma} = C_i(l_{0\Sigma}) - C_{i \min} \quad (2.9)$$

Таким образом, минимальные суммарные издержки при проведении ТО с групповой периодичностью  $l_{0\Sigma}$  будут выше тех, которые достижимы в том случае, если профилактические воздействия по каждому элементу будут выполняться с оптимальной для него периодичностью  $l_{0i}$  на величину изменения суммарных удельных затрат по всем элементам перечня, которая определяется из выражения:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{t=1}^{k-n} \Delta C_t + \sum_{t=1}^n \Delta C_t$$

где  $k$  - общее количество элементов;

$n$  - количество элементов с периодичностью близкой к оптимальной.

Величина  $\Delta C_{\Sigma}$  формируется из изменений удельных затрат элементов перечня  $\Delta C_i$ . Ряд авторов отмечают, что любое увеличение удельных затрат одного элемента должно компенсироваться уменьшением суммарных удельных затрат другого элемента [22]. Желательно, чтобы эти изменения были минимальны. В качестве периодичности проведения ТО для группы операций



выбирается такая периодичность  $l_{0\Sigma}$ , которая соответствует минимальным изменениям суммарных удельных затрат  $\Delta C_{\Sigma}$  по всем элементам перечня, т. е.

$$\sum_{i=1}^k \Delta C_i(l_{0\Sigma}) \rightarrow \min \quad (2.11)$$

Рассмотрим целевую функцию стандартного ТЭМ:

$$C_{\Sigma \min} = C_1(l_{0\Sigma}) + C_2(l_{0\Sigma}) + C_k(l_{0\Sigma}) \sum_{i=1}^k \Delta C_i(l_{0\Sigma}) \rightarrow \min \quad (2.12)$$

Распишем слагаемые целевой функции:

$$C_1(l_{0\Sigma}) = C_{i \min} + C_{iIII} + C_i(l_{0\Sigma}) \quad (2.13)$$

С учетом целевую функцию можно переписать:

$$C_{\Sigma \min} = \sum_{i=1}^k (C_{i \min} + C_{iIII} + \Delta C_i(l_{0\Sigma})) = \sum_{i=1}^k C_{i \min} + \sum_{i=1}^k C_{iIII} + \sum_{i=1}^k \Delta C_i(l_{0\Sigma}) \rightarrow \min$$

Первое слагаемое в  $\sum_{i=1}^k C_{i \min} + \sum_{i=1}^k C_{iIII} = \text{const}$ , поэтому оптимизация целевой функции будет происходить за счёт второго слагаемого  $\sum_{i=1}^k \Delta C_i(l_{0\Sigma})$  т.е. получаем.

Следовательно, результат, получаемый предложенной модификацией ТЭМ, аналогичен результату, получаемому стандартным методом, но создаются предпосылки для оптимизации перечней, т. к. для каждого элемента, возможно, установить диапазон, в котором отклонения периодичности от оптимальной допустимы, а при назначении периодичности ТО вне этого диапазона должно рассматриваться решение об исключении этого элемента из перечня. Если периодичности ступеней кратны друг другу, то определенные таким образом перечни для отдельных ступеней дополнительно необходимо включить в те ступени ТО, периодичности которых кратны.

Для узлов, подвергающихся саморегулированию ...метод издержки определяются по формуле:

$$И_4 = T_{cc}^{-1}(C_{cc} + C_{пр}) + C_{п} \cdot P_{в} + П \cdot t_{п} \cdot P_{в}, \quad (2.15)$$

где  $T_{cc}$  - срок службы системы саморегулирования (СС);  $C_{cc}$  - затраты (стоимость) СС;  $C_{пр}$  - затраты на ремонт и ТО СС (применительно к рассматриваемому элементу) за срок его службы;

В данном случае исключаются затраты на техническое обслуживание элементов подвергающихся саморегулированию.

Минимум из четырех приведенных чисел  $И_1$ ,  $И_2$ ,  $И_3$ ,  $И_4$  указывает на наиболее целесообразный метод диагностирования или саморегулирования.

В настоящее время автомобили оснащаются бортовыми и встроенными системами диагностирования, при этом не теряют актуальность и традиционные системы внешнего диагностирования [23]. Кроме того, начинают внедряться в конструкцию автомобилей элементы, регулирующие состояние механизмов без

проведения дополнительных работ. В связи с этим при выборе диагностических параметров необходимо определить, какие из них целесообразно контролировать бортовыми системами, какие - с помощью внешних средств технического диагностирования, а которые должны подвергаться саморегулированию.

## **2.4 Разработка вероятностно-логической модели диагностирования автомобиля**

Диагностические параметры связаны определенными зависимостями со структурными параметрами, так и с эксплуатационными качествами двигателя. Знание зависимостей между структурными и диагностическими параметрами, понимание характера их изменения в процессе эксплуатации позволяет определять действительное состояние агрегатов без их разборки, прогнозировать остаточный ресурс и обоснованно назначать вид ремонта или объем технического обслуживания двигателя. Из анализа [24] отказов, возникающих в топливной системе дизеля: около 40% отказов, приходится на неисправности, связанные с нарушением контактов и соединений; 30% - выход из строя одного из элементов (например, датчика); 20% - подсистема смесеобразования; 10%-механические.

Учитывая, что количество отказов возрастает с увеличением пробега автомобиля, то необходимо проведение углубленного анализа отказов системы управления топливной системой. Необходимо так же понимать, что своевременная объективная диагностическая информация о достижении автомобилем предельных значений параметров позволяет в сжатые сроки направлять автомобили в ремонт или производить их списание. Применение встроенного диагностирования позволяет оперативно производить корректировку системы ТО и ремонта, посредством воздействия управляющей информации по перераспределению потоков автомобилей, чем предполагается уменьшение времени простоев автомобилей в ремонте.

Диагностические параметры двигателя позволяют определять техническое состояние отдельных его механизмов, систем, и сборочных единиц, но не дают возможности оценить его состояние в целом. Поэтому на практике необходимо использовать одновременно несколько методов и параметров или выбирать подходящие для данного случая. Преимущества встроенного диагностирования очевидны, но требуют высококвалифицированного персонала. Например, анализ шума и вибрации, возникающих при работе механизмов дает возможность диагностировать все подвижные сопряжения, в которых возникают ударные нагрузки. Этим методом можно диагностировать кривошипно-шатунный и газораспределительный механизмы на начальном этапе поиска неисправностей.

Применительно к автомобилям КАМАЗ с дизелями и многоплунжерными насосами можно выделить несколько стратегий диагностирования:

1. Диагностирование поточным методом (на постах диагностирования, включая КТП);

2. Диагностирование водителем на линии и по информации со щитка приборов;
3. Диагностирование водителем (оператором) системы управления двигателем с применением самодиагностики и считыванием блинк-кодов, а также с применением компьютерного диагностирования (OBD - 2);
4. Диагностирование программно-измерительным комплексом с применением накладного датчика;
5. Диагностирование с применением программ экспертных систем.

Значит, вероятно-логическая, модель позволяет при использовании ее на основе встроенных средств минимизировать вероятность возникновения неисправности путем своевременного отслеживания изменения контрольного параметра. В перспективе данный метод сможет охватывать все необходимые для контроля узлы и агрегаты автомобиля.

Если неисправность находится вне контролируемых датчиками параметров, то с помощью блока с базой данных система встроенного диагностирования позволит сократить время поиска неисправности.

Система анализирует полученную информацию и подтверждает связи между диагностическими параметрами и возможными нарушениями структурных параметров путем опроса водителя о косвенных признаках возникновения неисправности, событиях, предшествовавших возникновению дефекта - прохождении технического обслуживания, перечне операций ТО,

применяемых материалах при ремонте и эксплуатации, режиме работы машины, лимите времени на выполнение операции и т.д. Данная методика построения гипотезы позволяет существенно снизить возникновение ложных гипотез. С развитием технологий перечень средств диагностирования может добавляться в базу данных. Как видно в предлагаемой методике использованы все достоинства «логического» метода: низкие требования к квалификации диагностирующего, низкая стоимость средств диагностирования, а влияние возможных ошибок при построении гипотезы снижается.

На основании полученной информации на этом этапе определяются вероятные гипотезы - элементы двигателя, подозреваемые на отказ.

По завершении этапа выбора качественных признаков в системе происходит просмотр базы данных и формирование рабочего набора предполагаемых неисправностей, обеспечивающих решение задачи поиска неисправностей. После определения качественного признака следует определить причину неисправности.

Применение встроенного диагностирования позволит увеличить уровень эксплуатационной надежности автомобильного парка, снизить материальные и трудовые затраты на проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей, уменьшить потребность в технологическом оборудовании и производственно-складских помещениях.

Основываясь на вышеуказанных преимуществах вероятно-логической модели, возможно, существенно сократить время на поиск неисправностей,

возникающих при эксплуатации подвижного состава и повысить оперативность диагностирования.

Предлагаемая методика позволит оперативно проводить диагностирование, по результатам которого автомобиль может направляться в ремонт, а неисправности с нетрудоемкими операциями восстановления могут проводиться на линии. Данная методика создает предпосылки к росту коэффициента технической готовности парка автомобилей, снижению элементов резервирования автомобилей, что позволит оптимизировать транспортный процесс, технико-экономические показатели автомобилей и автотранспортного предприятия.

## **2.5 Система коэффициентов вероятностно-логической модели поиска неисправностей автомобилей**

Эффективное применение и развитие диагностирования автомобилей требуют дальнейшего совершенствования нормативных показателей, методов, средств, технологических процессов, а также повышения контролепригодности автомобилей. Поэтому для создания работоспособной модели встроенной системы диагностирования, необходимо оптимальное взаимодействие между объективным и субъективным методами определения неисправностей, кроме того необходимо провести оптимизацию периодичности контроля, индивидуального корректирования технического обслуживания и текущего ремонта при проведении диагностических мероприятий. Что приводит к необходимости получения контролепригодной модели коэффициентов, которая в свою очередь опирается на нормативы и оптимальную взаимосвязь между параметрами диагностирования. Поэтому необходимо обобщенное логическое или аналитическое описание наиболее важных свойств объекта диагностирования.

Эти функции реализуются в производстве на основе информации о техническом состоянии автомобиля с помощью средств внешнего диагностирования, которое необходимо корректировать с помощью вероятностно-логического коэффициента и средств встроенного диагностирования.

Нахождение параметров можно представить в виде диагностической матрицы (табл. 2.1), представляющую собой логическую модель, описывающую связи между диагностическими параметрами  $L\{P\}$  и возможными неисправностями  $A$  объекта.

В данном случае единица означает возможность существования неисправности, а ноль — отсутствие такой возможности. С помощью, представленной в таблице диагностической матрицы решается задача локализации одной из трех возможных неисправностей объекта с помощью четырех диагностических параметров. Физический смысл решения задачи заключается в определении соответствия полученной комбинации диагностических параметров, вышедших за нормативное значение,

существованию одной из неисправностей. В рассматриваемой матрице имеем: неисправность  $A_1$ , возникает в случае одновременного выхода за норматив параметров  $P_1$  и  $P_3$ , неисправность  $A_2$  — параметров  $P_2$  и  $P_4$ , и неисправность  $A_3$  — параметров  $P_3$  и  $P_4$ .

Таблица 2.1. Матрица связи диагностических параметров и неисправностями

Диагностические параметры	Возможные неисправности		
	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$P_1$	1	0	0
$P_2$	0	1	0
$P_3$	1	0	1
$P_4$	0	1	1

Получается, что весь процесс диагностирования (параметр  $P$ ) представляет собой зависимость между нахождением вероятными неисправностями и логическим отбором необходимых диагностических параметров, следовательно, полная вероятность события заключается в нахождении неисправности элемента, которую можно описать как:

$$P_{вл} = P_v + P_l \quad (2.16)$$

где  $P_v$  - параметр вероятностного диагностирования;  
 $P_l$  - параметр логического диагностирования.

Эффективное применение и развитие диагностирования автомобилей требуют дальнейшего совершенствования методов, средств и технологических процессов, а также повышения контролепригодности автомобилей. Поэтому для создания работоспособной модели диагностирования, необходимо оптимальное взаимодействие между объективным и субъективным методами определения неисправностей. Это приводит к необходимости получения диагностической информации, которая опирается на взаимосвязь между параметрами диагностирования и обобщенному логическому или аналитическому описанию наиболее важных свойств объекта диагностирования.

Такие свойства в производстве реализуются на основе информации о техническом состоянии автомобиля с помощью средств внешнего и встроенного диагностирования. Одним из способов определения необходимых параметров для оценки системы является введение вероятностных характеристик.

Получается, что весь процесс диагностирования представляет собой зависимость между нахождением вероятными неисправностями и логическим отбором необходимых диагностических параметров, следовательно, полная вероятность события заключается в нахождении неисправности элемента, которую можно представить, как:

$$P_{вл} = P_v + P_l \quad (2.17)$$

Если принять во внимание, что вероятностный метод - использует опытно-статистические данные, о функциональной зависимости параметров состояния в зависимости от наработки составной части или машины в целом, о возможных комбинациях симптомов и их связях с неисправностями для каждой неисправности устанавливают вероятность её возникновения и появления каждого симптома. По полученным материалам разрабатывают программу поиска данной неисправности, который ведут в порядке убывания вероятности возникновения различных отказов, характерных для данного симптома. Логический метод - основан на косвенных признаках возникновения неисправности, событиях, предшествовавших возникновению дефекта (прохождении технического обслуживания, перечне операций ТО, применяемых материалах при ремонте и эксплуатации, режиме работы машины и т. д.) и последующем анализе. Логический метод поиска неисправностей используют для сложных конструктивных элементов, позволяющий определять по внешним признакам предполагаемую неисправность. Такой метод не требует применения дополнительного диагностического оборудования, обладает невысокой трудоёмкостью, не требует от проводящего диагностирование высокой квалификации и специальных знаний, но обладает высокой зависимостью от человеческого фактора [25]. То при создании вероятностно-логического мы получим модель, которая позволяет узнавать информацию о состоянии большинства элементов системы, одновременно не прибегая к перебору проверок диагностических параметров элементов отдельно.

Коэффициент этой модели:

$$K_{\text{ВЛ}} = [B(x) / \left\{ \begin{matrix} B_j, \in 1 \dots z \\ z = f(\sum M_j / \sum n_j) \end{matrix} \right\}] / [B(x) / \left\{ \begin{matrix} B_j, \in 1 \dots z \\ z = f(\sum M_j / \sum n_j) \end{matrix} \right\}] +$$

$$+ \left. \prod_{j=1}^n \left. \begin{matrix} P(x_1^{KP} - x_1^D = u_1) > 0 \\ P(x_2^{KP} - x_2^D = u_2) > 0 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ P(x_N^{KP} - x_N^D = u_N) > 0 \end{matrix} \right\} \cdot \left\{ \begin{matrix} 0, \text{если } v(x) \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot v(x), \text{если } v(x) \in (0,3; 0,8) \\ 1, \text{если } v(x) \leq 0,3 \end{matrix} \right\} \right] \quad (2.18)$$

Реализация данной модели предполагает установить на автомобиль систему встроенного диагностирования для наиболее часто выходящих из строя элементов. Для дизельного двигателя таким элементом является топливная система высокого давления.

На примере двигателя это будет выглядеть следующим образом. При обнаружении снижения мощности после проведения экспресс-диагностирования или по заявке водителя автомобиль направляется на диагностирование двигателя. Согласно статистических данных максимальную вероятность возникновения отказов имеет топливная система, поэтому системой самодиагностики с помощью накладного тензодатчика производится контроль процесса работы топливной аппаратуры. Это позволяет сравнить течение

реального процесса работы топливной системы с эталонным. Информация о нарушении протекания процесса в том или ином элементе также может выводиться на дисплей в автоматическом режиме, что позволяет пользоваться прибором работнику не имеющего высокой квалификации в области диагностирования. Данная методика позволяет экономить время на поиск неисправностей внутри топливной системы с любой вероятностью их возникновения, что качественно отличает предложенную модель от вероятностного метода. А также снижает влияния человеческого фактора по сравнению с логическим методом. Это позволяет применять предлагаемую вероятностно-логическую модель в системах внешнего и встроенного диагностирования на автомобилях одного или нескольких классов, а также типов подвижного состава.

Тогда в нашем случае получим:

$$K_{\text{вн}} = 1 / (1 + 0,95 / 0,95 * 0,95 * 0,25) = 0,19.$$

Аналогично, можно посчитать для каждого метода.

Такая схема возможна как в стационарном, так и в мобильном варианте.

Для определения величины влияния стоимости введем коэффициент издержек вероятностно-логической модели поиска неисправностей.

Целевая функция издержек на профилактические воздействия без диагностирования элемента с помощью внешних средств, имеет вид:

$$I_{\text{БД}} = l^{-1} [C_1 \cdot Q_{\text{ир}}(l) + C_{II} \cdot Q_{\text{ир}}(l) + П \cdot (t_n \cdot Q_{\text{ир}}(l) + t_p \cdot Q_{\text{ир}}(l))] \quad (2.19)$$

где С - затраты на одно диагностирование;

$C_I$  и  $C_{II}$  - соответственно затраты на профилактическое техническое обслуживание и аварийный ремонт элемента;

П - удельная чистая прибыль, приносимая автомобилем за 1 час эксплуатации;

$Q_{\text{ип}}$  - автомобили, для которых не будет произведено профилактическое техническое обслуживание на пробеге;

$Q_{\text{ир}}$  - автомобили, для которых будет произведен аварийный ремонт;

$t_{\text{в1}}$  - время на одно диагностирование;

$t_n$  и  $t_p$  - соответственно время, отведенное на профилактическое техническое обслуживание и аварийный ремонт элемента.

Издержки на диагностирование с помощью встроенных систем диагностирования, основанных на вероятностно-логическом методе, определяют по формуле:

$$I_{\text{в.лД}} = l^{-1} [(C_{\text{всд}} + C_{\text{првсд}}) + C_{II} \cdot Q_{\text{ир}} + П \cdot t_p \cdot Q_{\text{ир}}] \quad (2.20)$$

где  $C_{\text{всд}}$  - стоимость встроенной системы диагностирования;

$C_{\text{првсд}}$  - затраты на ремонт и техническое обслуживание встроенной системы диагностирования за срок ее службы.

Для определения величины влияния стоимости коэффициент издержек вероятностно-логического метода в общем виде можно записать как:

$$K_{и\text{ вл}} = \frac{I_{в\text{-лд}}}{K_{Бд}} \quad (2.21)$$

где  $I_{в\text{-лд}}$  - издержки вероятностно-логического диагностирования.

$I_{Бд}$  - издержки без диагностирования.

Тогда коэффициент издержек для встроенной системы диагностирования определится по формуле:

$$K_{и\text{ вл}} = \frac{(C_{всд} + C_{првсд}) + C_{II} \cdot Q_{ир} + \Pi \cdot t_p \cdot Q_{ир}}{C_1 \cdot Q_{ин} + C_{II} \cdot Q_{ир} + \Pi \cdot (t_n \cdot Q_{ир} + t_p \cdot Q_{ир})} \quad (2.22)$$

Чем больше издержки диагностирования и меньше коэффициент издержек, тем менее экономичный процесс, применяемый для эксперимента.

Исходя из определенных нами коэффициентов (таблица 2.2) вероятностно-логического метода рассмотрим стратегии диагностирования к автомобилям КАМАЗ с дизельными двигателями и многоплунжерными насосами.

Таблица 2.2 - Анализ коэффициентов вероятностно-логического модели диагностирования

Модель	Ки	Квл
Без диагностирования	1	1
Диагностирование с помощью внешних средств	0,71	0,78
Диагностирование с помощью систем встроенных датчиков	0,62	0,46
Диагностирование логическим методом	0,54	0,65
Диагностирование с помощью бортовых систем контроля	0,25	0,81
Использование вероятностно-логической модели диагностирования	0,11	0,19

Анализируя таблицу видим, что наиболее приемлемым методом в нашем случае является диагностирование с применением вероятностно-логической модели, что позволяет не только существенно снизить затраты, но и выявить причину неисправности.



### 3 ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

#### 3.1 Состав встроенной системы диагностирования автомобильных дизелей

Разработанное оборудование, программное обеспечение и алгоритмы диагностирования дизеля - составные части системы встроенного диагностирования двигателя, именно системы, поскольку она включает в себя целый комплекс модулей и блоков и производит диагностирование не отдельного узла или системы, а всех основных систем дизеля.

Разработанный макетный образец состоит из трех основных блоков: датчиков; интерфейса; программного обеспечения. Структурная схема такого прибора представлена на Рисунок 4.9. В таком же исполнении прибор может устанавливаться на автомобиль и являться системой бортовой диагностики транспортного дизеля.

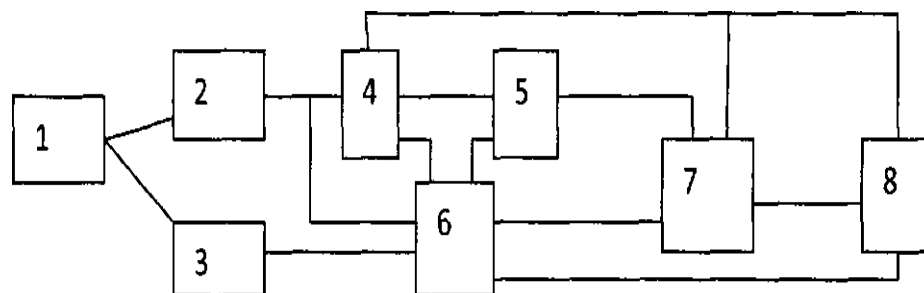


Рисунок 4.9. Устройство для диагностирования дизеля: 1 - датчик давления топлива; 2 - формирователь сигнала частоты вращения коленчатого вала; 3 - формирователь сигнала датчика момента впрыска топлива; 4 - блок вычисления угловой скорости; 5 - блок вычисления углового ускорения; 6 - блок управления; 7- арифметическое логическое устройство; 8 - блок индикации.

Устройство работает следующим образом. Импульсы от датчика 1 с периодичностью соответствующей углу поворота коленчатого вала, пройдя формирователь 2, поступают в блоки 4 и 6. Блок 4 измеряет период следования данных импульсов, и измеренным периодом вычисляет угловую скорость, на данном угле поворота вала, значение которой поступают на входы блоков 5, 7 и 8. Блок 6 учитывая период следования импульсов, измеренную угловую скорость, а так же значение угловой скорости, вычисляет угловое ускорение, значения которой поступают на вход арифметического логического устройства 7.

Сигнал от датчика 1 момента впрыска топлива определенного цилиндра, как правило, первого, через формирователь 3 поступает на вход блока 6 управления. Блок 6, с приходом импульса от датчика 1 подсчитывает импульсы и рассчитывает угол поворота коленчатого вала. При повороте коленчатого вала

на угол, соответствующий моменту впрыска топлива в первом цилиндре двигателя, блок 6 подает первый управляющий сигнал на вход блока 7. По этому сигналу блок 7 начинает выбор минимального значения угловой скорости, приходящегося на начало рабочего хода в первом цилиндре. Одновременно блок 7 осуществляет выбор максимального значения углового ускорения, приходящегося на первую половину рабочего хода в первом цилиндре. При повороте коленчатого вала на угол равный  $720/(3*1)$  (где 1- число цилиндров двигателя) от верхней мертвой точки конца сжатия, в первом цилиндре блок 7 подает второй управляющий сигнал, с приходом которого блок 8 прекращает выбор минимального значения угловой скорости и максимального значения углового ускорения, заносит эти значения в память и переходит в режим поиска максимального значения угловой скорости, приходящегося на среднюю часть такта расширения. Одновременно блок 7 осуществляет выбор минимального значения углового ускорения, приходящегося на вторую половину такта расширения в первом цилиндре.

При повороте коленчатого вала на угол равный  $720/1$  блок 6 подает третий управляющий сигнал, по которому блок 7 прекращает выбор максимального значения угловой скорости и минимального значения углового ускорения, заносит эти значения в память. Одновременно блок 7 начинает поиск минимального значения угловой скорости и максимального значения углового ускорения в следующем по порядку работы цилиндре.

По окончании цикла измерения, который для достижения необходимой точности должен длиться не менее 10 циклов, блок 6 подает очередной управляющий сигнал в блоки 7 и 8. По этому сигналу блок 7 вычисляет средние значения приращений угловой скорости от минимального значения) до максимального, приходящегося на такт расширения каждого цилиндра, и уменьшение угловой скорости от максимального его значения для 1-го цилиндра до минимального его значения, приходящегося на такт расширения в следующем по порядку работы цилиндре, т.е. для  $(i+1)$ -го цилиндра, аналогичные показатели определяются и по угловому ускорению. Блок 7 определяет диагностические параметры, сопоставление их с нормативными значениями и ставится диагноз. Результаты индицируются блоком 8 индикации.

Особенности реализации отдельных блоков системы диагностирования дизелей рассматриваются ниже более подробно.

Для диагностирования топливной системы использовался датчик давления (рисунок 4.10) обработка и вывод сигнала выполнялся с помощью встроенной системы диагностирования (рисунок 4.11).

Изготовление встроенной системы диагностирования (ВСД) с точки зрения мощности и выбора комплектующих элементов не имеет особых трудностей, так как программа обработки и алгоритма постановки диагноза не большая (1000 Кбайт) и не содержит больших циклических расчетов.

Программное обеспечение состоит из двух программ, первая из которых, защита в микроконтроллер интерфейса и обеспечивает прием, передачу

информации от датчиков на ВСД. Вторая запись данных в файл, и обработку, включая постановку диагноза.

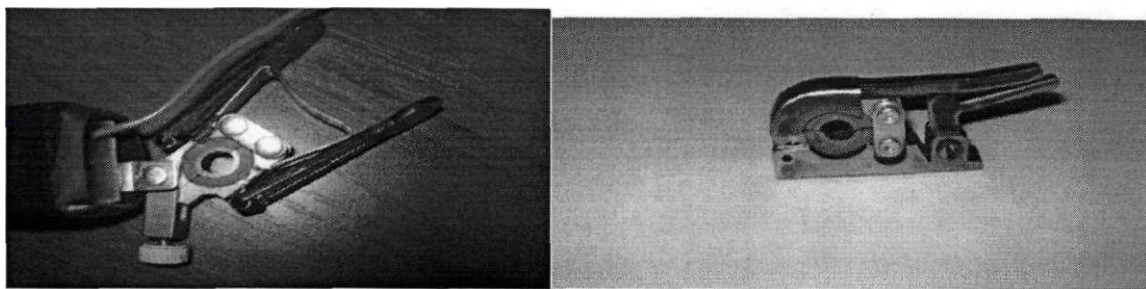


Рисунок 4.10. Датчики давления топлива с пружинным и эксцентриковым зажимом

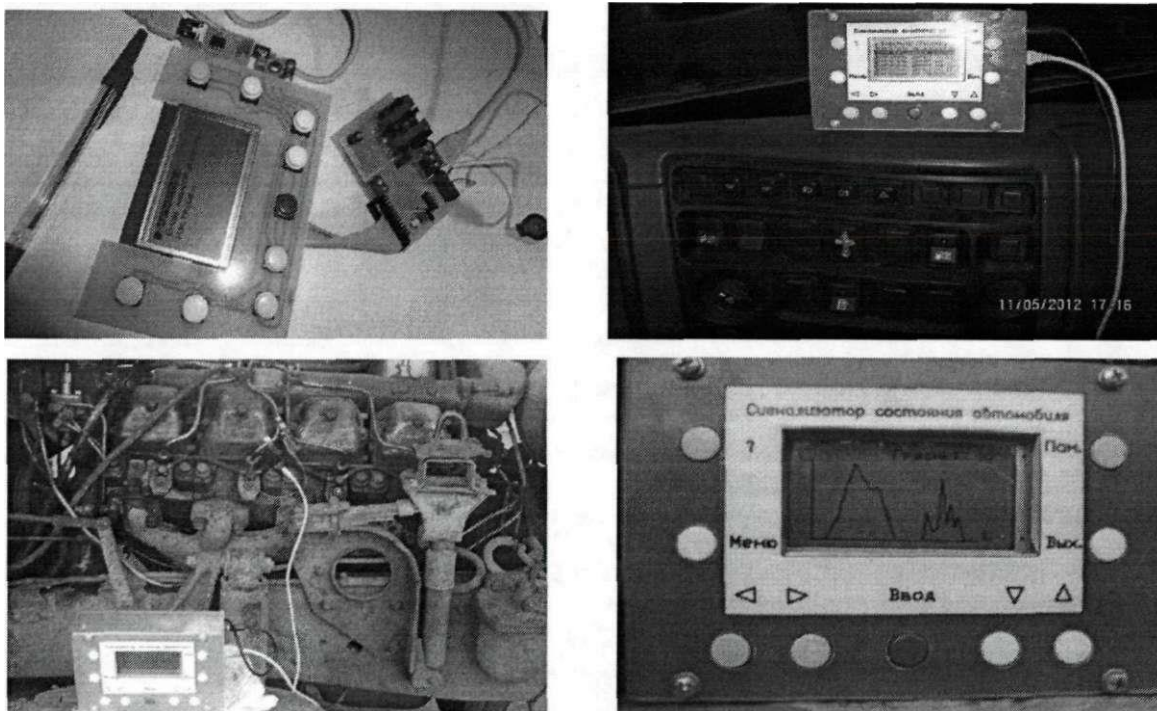


Рисунок 4.11. Внутренний и внешний вид встроенной системы диагностирования

Одним из важнейших показателей работы с системой диагностирования является трудоемкость операций подготовки системы к работе и сам процесс диагностирования дизеля. Трудоемкость установки датчика составляет 0,03 чел.-ч. Трудоемкость непосредственного диагностирования, как показали хронометражные измерения составляет 0,18 чел.-ч. Такая схема не требует особой квалификации от оператора, что делает диагностирование более эффективным. Таким образом, общая трудоемкость диагностирования составляет 0,21 чел.-ч., что составляет 12,6 чел.-мин.

### 3.2 Оценка экономической эффективности внедрения системы диагностирования автомобильных дизелей

Обоснованием целесообразности внедрения различных технических систем, в том числе и систем диагностирования, является экономическая оценка суммарного эффекта, определяемого снижением затрат на эксплуатацию и дополнительными затратами на систему объективной инструментальной оценки состояния в любой момент эксплуатации.

Расчет экономической эффективности производился для случая внедрения встроенной системы диагностирования в АПТ малой мощности (12 автомобилей).

Ожидаемый годовой эффект от внедрения диагностирования дизелей можно определить по формуле [26]:

$$\text{Э}_Г = (C_1 - C_2) - E_H \cdot K, \quad (4.1)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  - затраты на содержание автомобилей соответственно до и после внедрения диагностирования;

$E_H$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E_H = 0,15$ );

$K$  - капитальные затраты на приобретение диагностического оборудования.

Снижение затрат на эксплуатацию автомобилей при внедрении встроенной системы диагностирования дизелей достигается за счет снижения эксплуатационного расхода топлива, трудоемкости ТО и ТР двигателя, сокращения затрат на запасные части и материалы и сокращения потерь транспортной работы из-за раннего возврата с линии и опоздания с выездом на линию. Исходные данные для расчета экономической эффективности представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 - Исходные данные расчета экономической эффективности внедрения встроенной системы диагностирования

№ п.п.	Наименование показателя	Значения показателей	
		До внедрения	После внедрения
1	Списочное количество автомобилей, шт	12	12
2	Годовой пробег автомобилей, тыс. км	50	50
3	Годовые затраты на топливо, тг.	20 056 344	18 873 744
4	Трудовые затраты на ТО и Р двигателей, чел.-ч./авт. год.)	80,3	73
5	Трудоемкость диагностирования, чел.-ч./авт. год.)		2,72

6	Затраты на запасные части и материалы, тг./ (авт. год.)	46 916	36 035
7	Вероятность раннего возврата с линии	0,12	0,06
8	Вероятность опоздания с выездом на линию	0,11	0,05
9	Время возврата с линии, ч	1	1
10	Время опоздания с выездом на линию, ч	1	1
11	Средняя прибыль за один час работы автомобиля, тг./ (авт. час.)	3420	3420
12	Стоимость оборудования для диагностирования, тг.	-	85 956

Расчеты производились из расчета работы предприятия в условиях умеренной климатической зоны, и автомобилей модели КамАЗ.

Годовые затраты на топливо рассчитывались исходя из годового пробега, линейных норм расхода топлива на единицу пробега, транспортной работы и стоимости дизельного топлива.

Снижение среднего эксплуатационного расхода топлива за счет улучшения технического состояния двигателя в результате внедрения диагностирования принимается в размере 1%.

Трудовые затраты на ТО и Р двигателей исходя из пооперационных нормативов трудоемкости на техническое обслуживание. Снижение трудоемкости ТО и ТР достигается за счет исключения напрасных трудовых затрат, на демонтно-монтажные операции исправных узлов и агрегатов, имеющие место при плано-предупредительной системе ТО и ТР ПС автомобильного транспорта.

Годовая экономия от снижения затрат на ТО и Р определялась по формуле:

$$T_{ТО} = (T_{ТО} - T'_{ТО}) \cdot q_p \quad (4.2)$$

где  $T_{ТО}$  и  $T'_{ТО}$  - годовая трудоемкость ТО и Р соответственно до и после внедрения диагностирования чел.-ч.;

$T_d$  - годовая трудоемкость диагностирования внедряемым оборудованием чел.-ч.;

$q_p$  - тарифная ставка ремонтного рабочего, тг/чел.-ч.

Экономия за счет сокращения потерь транспортной работы из-за раннего возврата с линии и опоздания с выездом на линию определялась как:

$$\mathcal{E}_в = q \cdot (P_{возв} \cdot t_{возв} + P_{опозд} \cdot t_{опозд}) \quad (4.3)$$

где  $P_{возв}$   $P_{опозд}$  - соответственно вероятности раннего возврата и опоздания с выездом на линию;

$t_{\text{возвр}}$  и  $t_{\text{опозд}}$  - соответственно, время раннего возврата и опоздания с выездом на линию, час;

$q$  - средняя прибыль за один час работы автомобиля, тг.

Эксплуатационные расходы, связанные с содержанием внедряемого оборудования можно определить:

$$Z_{\text{экс}} = C_{\text{об}} \cdot K_a + Z_3 \quad (4.4)$$

где  $C_{\text{об}} \cdot K_a$  - амортизационные отчисления, определяемые как произведение стоимости оборудования  $C_{\text{об}}$  на коэффициент амортизационных отчислений, принимаем,  $K_a = 0,15$ ;

$Z_3$  — эксплуатационные затраты: электроэнергия, ТО и ремонт оборудования, принимаем десять процентов от стоимости оборудования  $0,1 C_{\text{об}}$

Результаты расчета экономической эффективности внедрения в строенной системы диагностирования сведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 - Результаты расчета экономической эффективности внедрения системы встроенного диагностирования дизелей

№пп	Наименование показателей	Величина показателя
1	2	3
1	Капитальные затраты на диагностическое оборудование, тг.	1 150 080
2	Затраты на эксплуатацию оборудования, тг./год.	3 770 000
	Всего:	4 927 080
3	Годовая экономия затрат на топливо, тг./год.	1 182 600
4	Годовая экономия затрат от сокращения трудоемкости ТО и Р, тг./год.	126 280
5	Годовая экономия затрат на запасные части и материалы, тг/год.	122 908
6	Годовая экономия затрат от сокращения потерь транспортной работы, тг./год.	105 120
7	Всего:	1 536 908
8	Экономический эффект от внедрения вероятно стно-логической системы технического диагностирования дизелей, тг./год.	1 518 058
9	Срок окупаемости, лет.	1,37

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с результатами выполненного анализа уровня эффективности эксплуатации автотранспорта для малых и средних предприятий АО «Казатомпром» разработана методика контроля работоспособности и выявления неисправностей дизелей, перспективная в отношении массового внедрения, с реализацией, как в средствах внешнего, так и встроенного диагностирования.

В результате сбора и обработки статистических данных, полученных по автомобилям КАМАЗ, на предприятиях АО «Казатомпром» выявлено, что в исследуемый период более 50% отказов в двигателе приходится на топливную систему из них на плунжерную пару ТНВД - 6,7%; иглу форсунки - 11,9% пружину форсунки - 11,2%, пружину нагнетательного клапана ТНВД - 2,6%.

Для обеспечения работоспособности состояния автомобилей с дизельным приводом разработана вероятностно – логическая модель диагностирования и поиска неисправностей, на основании которой построен алгоритм постановки диагноза технического состояния, и выполнен прибор для поиска неисправностей и контроля работоспособности дизелей.

Разработан и принят к внедрению в производственный процесс ТО и ремонта автомобилей образец прибора для диагностирования дизелей. Положительной особенностью прибора является возможность выявления, наиболее вероятных неисправностей, используя датчик давления и вероятностную составляющую В-ЛМ поиска неисправностей, а наименее вероятные неисправности выявляются с помощью вероятностной и логической составляющей.

Расчетный экономический эффект совершенствования методики поиска неисправностей дизелей обеспечивается в результате снижения среднего эксплуатационного расхода топлива за счет улучшения технического состояния двигателя в результате внедрения В-ЛМ поиска неисправностей, исключения трудовых затрат, на демонтажно-монтажные операции исправных узлов и агрегатов, сокращения потерь транспортной работы из-за раннего возврата с линии и опоздания с выездом на линию. Годовой расчетный экономический эффект от внедрения мероприятий по совершенствованию методики диагностирования дизелей составляет более 1,5 млн тенге в год на один автомобиль.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев А. М. Оценка характеристик топливоподачи высокого давления / А. М. Алиев // Вестник МГАУ. - 2009. - № 4 - С. 36.
2. Алиев А.М. Анализ средств и технологий диагностирования топливных систем дизеля // Вестник МГАУ. -2009. - № 4 - С. 98.
3. Алиев А.М. Совершенствование метода и разработка средств диагностирования плунжерных пар при техническом сервисе топливной аппаратуры дизелей: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03: Москва, 2011. - 167 с.
4. Аринин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей И.Н. Аринин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов: учеб. пособие. / изд. 2. Ростов на Дону 2007. 314 с.
5. Головин С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля как средство оптимизации системы технического обслуживания: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03. Москва, 2007. - 201 с.
6. Грехов Л. В., Топливная аппаратура и системы управления дизелей / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков - М.: 2005. - 348 с.
7. Данилов С.В. Метод и цифровой прибор для автоматизированного определения цикловой подачи топлива при регулировании топливной аппаратуры дизелей: дис. ... кандидата технических наук: 05.20.03 / С.В. Данилов - Москва, 2010. - 125 с.
8. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. Москва: Техносфера, 2007. – 384 с.
9. Никитин Е.А. Диагностирование дизелей / Е. А. Никитин, Л.В. Станиславский, Э.А. Улановский [и др.]. - М.: Машиностроение, 1987. - 224 с.
10. Долгушин А.А. Оперативный контроль технического состояния топливной аппаратуры дизельных двигателей: дис. ... кандидата технических наук: 05.20.03: Новосибирск, 2004. - 121 с.
11. Друзьякин И.Г., Лыков А.Н. Технические измерения и приборы - Учебное пособие. Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета, 2008. - 412 с.
12. Дыдыкин Александр Михайлович. Повышение технико-экономических показателей быстроходного дизеля путем совершенствования процесса впуска: дис. ... кандидата технических наук: 05.04.02 / Дыдыкин Александр Михайлович; [Место защиты: Нижегород. гос. техн. ун-т]. - Нижний Новгород, 2010. - 146 с.
13. Еремеев А.Н. Повышение надежности дизельных двигателей путем оптимизации регулировочных параметров топливной аппаратуры: дис.... кандидата технических наук: 05.20.03 Ульяновск, 2007. - 152 с.
14. Илюхин А.Н. Применение нечеткой логики в автоматизированной системе испытаний дизельных двигателей с использованием метода Саати: дис. ... кандидата технических наук: 05.13.06 / А.Н. Илюхин - Набережные Челны, 2009- 122.



15. Коньков А.Ю. Диагностические технического состояния дизеля в эксплуатации на основе идентификации быстропротекающих рабочих процессов: дис. ... доктора технических наук: 05.04.02: - Хабаровск, 2010.- 414 с.
16. Маркелов А.А. Диагностирование дизеля по результатам расчетно-экспериментального исследования индикаторной диаграммы в условиях рядовой эксплуатации: диссертация ... кандидата технических наук: 05.04.02 / А.А. Маркелов. - Хабаровск, 2007. - 175 с.
17. Марков В.А. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях/ В. А. Марков, С.Н. Девянин, В.И. Мальчук. - М.: Издательство МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2007. - 360 с.
18. Щендригин А. С. Методы и технические средства испытаний двигателей внутреннего сгорания. / А.С. Щендригин, Б.С. Науменко // Материалы X региональной научно-технической конференции «Вузовская наука - СевероКавказскому региону». - СевКавГТУ, 2006. - 95 С.
19. Панферов В.И. Обеспечение работоспособности нагнетательных клапанов топливной аппаратуры дизелей при эксплуатации лесных машин: диссертация ... кандидата технических наук: 05.21.01/ В.И. Панферов. - Москва, 2008.- 175 с.
20. Пупков К.А. Современные методы, модели и алгоритмы интеллектуальных систем / К. А. Пупков. - Учеб. пособие. - М.: РУДН, 2008. - 154 с.
21. Третьяков А.А. Автоматизированная оценка адаптивной системы управления транспортным дизелем и повышение её точности и быстродействия / А.А. Третьяков. - Ярославль, 2011. - 157 с.
22. Методы технического диагностирования дизелей / А. А. Савочкин, И. С. Костин, Д. О. Панин [и др.]. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 14 (304). — С. 88-90.
23. Носырев, Д. Я. Основные направления повышения эффективности использования тепловозов [Текст] / Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, С. А. Петухов // Материалы всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием «Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов» / Омский гос. ун-т путей сообщения. - Омск, 2012.
24. Калиева, С. Т. Автоматизированная система диагностики МСУ-ТП в тепловозах 2ТЭ116У [Текст] / С. Т. Калиева, В. Н. Панченко // Материалы X междунар. науч.-практ. конф. «Наука и образование - транспорту» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. - Самара, 2017. - С. 39 - 42.
25. Kalieva S. T., Panchenko V. N. Technical indispensable diagnostics of locomotives as a modern method of technical diagnosis [Technicheskaia bezrazbornaia diagnostika lokomotivov kak sovremennii metod technicheskogo diagnostirovaniia]. Materiali VIII mezhdunarodnoi nauchno-practicheskoi konferencii «Nauka i obrazovanie transport». Samara, 2016, pp. 36 – 37
26. Kalieva S. T., Panchenko V. N. Application of thermal imaging diagnostic method for control of electric locomotive apparatus. [Primeneniye teplovizionnogo metoda diagnostiki dlya kontrolya elektricheskikh apparatov lokomotiva]. Materialy

Mezhdunarodnoi studencheskoi nauch-no-prakticheskoi konferentsii «Sovremennoe sostoianie i tendentsii razvitiia zheleznykh dorog». Nizhny Novgorod, SamSTU, 2017. 356 p.

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Джундыбаев Тамерлан Ермухамбетович

**Название:** Тамерлан 99.doc

**Координатор:** Иван Столповских

**Коэффициент подобия 1:** 2

**Коэффициент подобия 2:** 0

**Замена букв:** 0

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

### После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствования;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

.....  
*Дата*  
руководителя

.....  
Подпись Научного

**Протокол анализа Отчета подобия**

**заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Джундыбаев Тамерлан Ермухамбетович

**Название:** Тамерлан 99.doc

**Координатор:** Иван Столповских

**Коэффициент подобия 1:** 2

**Коэффициент подобия 2:** 0

**Замена букв:** 0

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Дата  
кафедрой /

Подпись заведующего

начальника структурного подразделения