

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»

В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов

**ВЕРОЯТНОСТНО-ЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД
ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ
АВТОМОБИЛЕЙ**

Пенза 2013

УДК 629.113.003.67

ББК 39.33–08

Л27

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация безопасности движения» А.А. Власов (ПГУАС);
кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные машины»
А.А. Грабовский (ПГУ)

Лянденбургский В.В.

Л27 Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей: моногр. / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 220 с.

ISBN 978-5-9282-0886-8

Изложен подробный анализ существующих методов и средств поиска неисправностей автомобилей. Предлагается новый подход к регистрации параметров автомобилей, снижению затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт.

Монография предназначена для широкого круга специалистов, научных работников, преподавателей, аспирантов высших технических учебных заведений а также для студентов, обучающихся по направлению 1900600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

ISBN 978-5-9282-0886-8

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2013

© Лянденбургский В.В., Тарасов А.И., 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие транспортного комплекса неразрывно связано с повышением эффективности технической эксплуатации подвижного состава. Именно эта сфера автомобильного транспорта во многом определяет экономичность и экологичность использования автомобилей всего парка страны. На долю автомобильного транспорта приходится более половины всех загрязнений атмосферы. Поэтому снижение вредного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду – важная общегосударственная проблема.

Одним из направлений в системе мер по экономии топлива и защите окружающей среды является дизелизация автомобильного транспорта, так как дизель на 25...30 % экономичнее бензинового двигателя. Этим объясняется значительный рост производства дизелей для легковых автомобилей, а среди грузовых автомобилей и автобусов этот тип двигателя превалирует.

Среди основных факторов, определяющих эффективность эксплуатации автомобилей, ведущее место принадлежит системе технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), ее научной обоснованности и совершенству. Огромное значение в развитии системы ТО и Р имеет техническое диагностирование.

В настоящее время широкое распространение получили системы диагностирования дизельных двигателей, как в виде стационарных приборных комплексов, так и встроенных систем диагностирования.

Однако при этом средняя стоимость автомобилей, использующих компьютерные системы контроля за работой двигателя, увеличивается 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 автотранспортным предприятиям (АТП) небольшой мощности. Особенно значительные трудности в поддержании подвижного состава в технически исправном состоянии автоколоннами, работающими длительное время в отрыве от производственных баз в таких отраслях хозяйства, как нефтегазодобывающая и лесозаготовительная. Именно для этой категории транспортных предприятий актуально использование мобильных эффективных, недорогих диагностических комплексов, а также систем встроенного диагностирования.

Сложность диагностирования дизелей, 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 решения диагностирования автомобильных дизелей для малых и средних АТП, а также автоколонн, работающих в отрыве от производственных баз, целесообразна разработка эффективного метода поиска неисправностей дизелей, перспективного в отношении массовой реализации, как в средствах внешнего, так и встроенного диагностирования.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1. Общие сведения о неисправностях и их влияние на состояние системы питания дизельного двигателя

За последние десятилетия эффективность работы автомобилей, выпускаемых промышленностью, их мощностные, экономические и экологические показатели, надежность и долговечность существенно возросли. Несмотря на это, опыт эксплуатации автомобильного парка показывает, что значительная доля автомобилей эксплуатируется с неисправностями, которые ведут к снижению показателей их работы. [9, с. 148].

Техническому состоянию системы питания дизеля предъявляются особые требования [3, 4, 5, 26, 110, 112], 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.

Как указывает соискатели на к.т.н. в своих работах [8, 14, 30, 34, 35] на систему питания дизелей приходится до 10 % всех неисправностей автомобилей оснащенных дизельными двигателями. Характерными неисправностями для топливных насосов является изнашивание прецизионных деталей и деталей механизма привода плунжера. Также авторы обращают внимания на присутствие нарушение герметичности, особенно топливопроводов высокого давления; загрязнение воздушных и топливных фильтров; износ и разрегулировка плунжерных пар насоса высокого давления; потеря герметичности форсунками и снижение давления начала подъема иглы; износ выходных отверстий форсунок, их закоксовывание [11].

Перечисленные неисправности приводят к изменению угла опережения подачи топлива, отклонениям величин давления, неравномерности работы топливного насоса и количеству подаваемого топлива, отклонению цикловой подачи от нормальных значений, повышению неравномерности регулировочных параметров по цилиндрам двигателя, что вызывает повышение дымности отработавших газов и приводит к незначительному повышению расхода топлива и снижению мощности двигателя на 3–5 % [12, с. 89].

Возможные неисправности топливной системы дизеля сведены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1 . 1

Возможные неисправности при работе двигателя
и способы их устранения

Неисправности элементов топливной системы	Проявление неисправности
<p>В топливную систему попал воздух. Фильтрующие элементы фильтра тонкой очистки топлива потеряли пропускную способность из-за загрязнения. Закоксовались распылители форсунок. Разрегулировался топливный насос. Нет подачи топлива к фильтру тонкой очистки топлива</p>	<p>Двигатель не запускается или работает с перебоями</p>
<p>Разрегулировались форсунки. Засорился воздухоочиститель. Неправильно установлен угол начала подачи топлива. Разрегулировался топливный насос. Использование топлива, не соответствующего по качеству рекомендациям завода</p>	<p>Двигатель дымит. Из выхлопной трубы идет черный дым</p>
<p>Не обеспечивается полная подача топлива из-за разрегулировки длины тяги управления топливным насосом. Потеряли пропускную способность фильтрующие элементы топливного фильтра. Разрегулировались форсунки (давление впрыска, качество распыла топлива, закоксовались распылители). Неправильно установлен угол начала подачи топлива. Засорился воздухоочиститель. Разрегулировался топливный насос (уменьшилась подача топлива)</p>	<p>Двигатель не развивает мощность</p>
<p>Слишком ранняя подача топлива (большой угол опережения впрыска)</p>	<p>Двигатель работает «жестко», резкие стуки в верхней части блока цилиндров</p>
<p>Разрегулировался топливный насос. Ухудшился распыл топлива форсунками</p>	<p>Двигатель перегревается</p>

Анализируя признаки неисправностей дизельных двигателей (рис. 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.

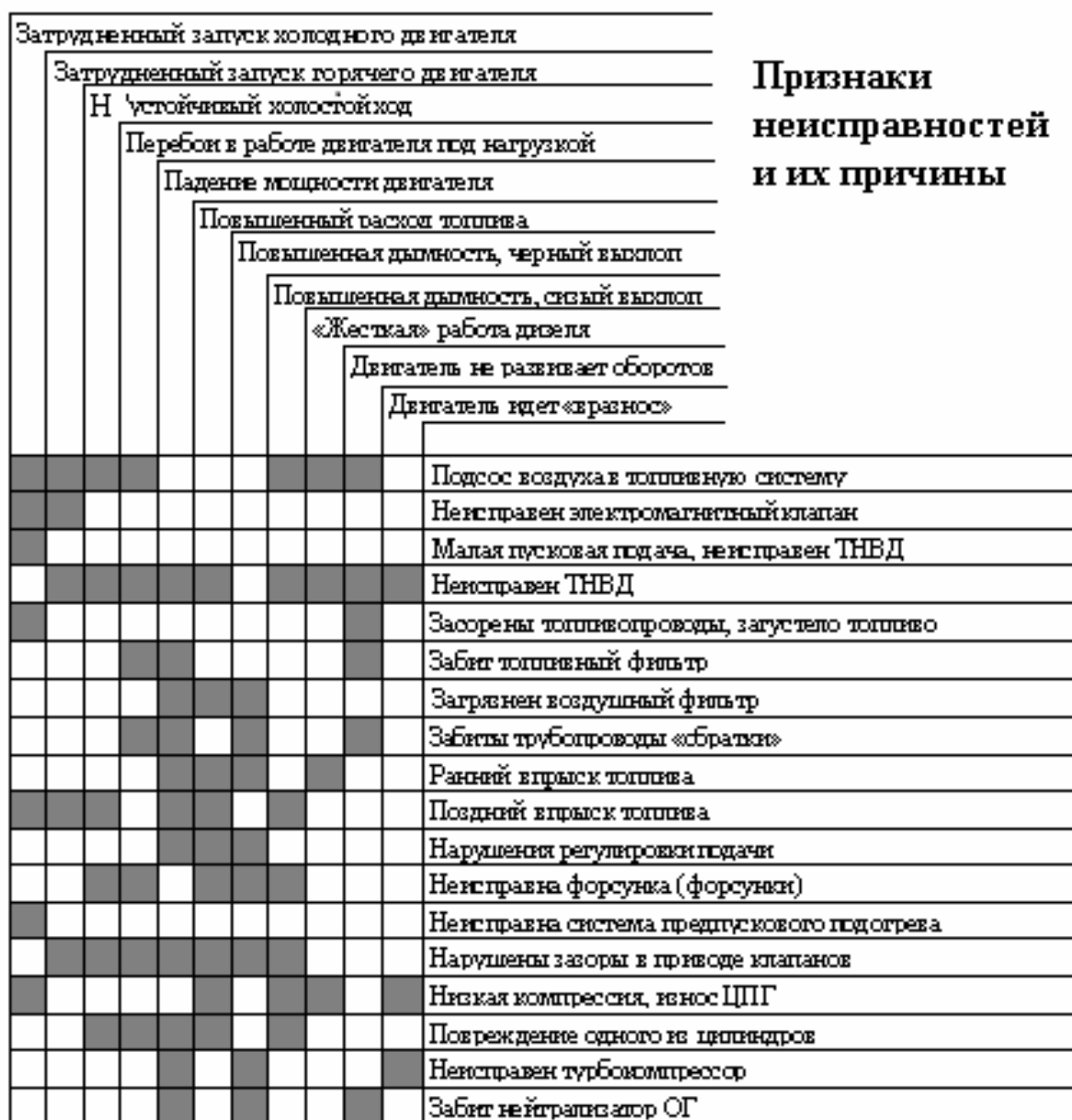


Рис.1.1. Признаки неисправностей дизельных двигателей

Слишком ранний впрыск значительно увеличивает период задержки воспламенения из-за низкой температуры заряда в цилиндре двигателя. Одновременно процесс сгорания смещается относительно ВМТ таким образом, что максимальное давление P_z достигается до прихода поршня в ВМТ. Это сопровождается увеличением работы сжатия, уменьшением работы расширения, падением индикаторных показателей и, соответственно, увеличением расхода топлива и дымности отработавших газов [61].

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 [27].

Давление начала подъема иглы распылителя форсунки оказывает существенное влияние на распыление топлива, которое улучшается с повышением силы затяжки пружины форсунки. В тоже пользуясь ГОСТ 10579–88 во время оценки качества распыления замечаем, что увеличение силы затяжки пружины форсунки приводит к ухудшению распределения топлива в воздушном заряде. 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.

С увеличением цикловой подачи топлива продолжительность впрыска по времени увеличивается, и большая часть топлива сгорает на такте расширения, что повышает дымность ОГ и увеличивает расход топлива. Неравномерность подачи топлива по цилиндрам двигателя δ_n также оказывает существенное влияние на показатели его работы. Особенно резкое влияние неравномерности подачи топлива начинается при увеличении ее свыше 10 % [22].

Причиной высокой интенсивности отказов распылителей форсунок из-за закоксовывания распылителей является их высокая тепловая напряженность, а также нарушение регулировок топливной аппаратуры. Значительное влияние оказывает на состояние нагнетательных клапанов секций ТНВД регулировка топливной аппаратуры. Отказы топливопроводов высокого давления связаны с повышенной амплитудой давления в них [12, с. 89].

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].

По мнению ряда современных исследователей (Е.А. Никитин, Л.В. Станиславский, Э.А. Улановский, Л.В. Дронов), особое внимание при эксплуатации дизельных двигателей должно уделяться качеству топлива. Топливо должно отвечать требованиям технических условий, быть чистым и предварительно отстоянным. Должна быть обеспечена герметичность всей системы питания, исключая попадание воздуха в систему, через зазоры в соединениях, что может быть причиной перебоев в работе двигателя [33, с. 142].

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; сливают отстой из фильтров грубой и тонкой очистки топлива; заменяют масло в

муфте опережения впрыска топлива и в топливном насосе высокого давления [83].

Вывод. Автомобили с дизельным двигателем все чаще эксплуатируются с неисправностями из-за недостаточного внимания к топливной системе питания дизелей. Необходимо корректное диагностирование данной системы для уменьшения объема последующих неисправностей и отказов системы, что в свою очередь позволит значительно экономить средства затрачиваемые на восстановление работоспособности системы.

1.2. Роль диагностирования в повышении эффективности технической эксплуатации автомобильных дизелей

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

Анализ публикаций таких авторов как С.В. Крючков, А.И. Кудрин, А.М. Лукьянов, С.В. Пахомов [16, 17, 53, 78] показывает, что сущность проблемы заключается в том, что из-за высокой разновидности ресурсов агрегатов и механизмов автомобилей (для системы питания дизелей, например, коэффициент вариации ресурса составляет 0,26...0,78) их индивидуальные свойства при планово-предупредительной системе реализуются частично. В результате данного факта имеют место значительные потери трудовых и материальных ресурсов из-за несвоевременного контроля отказов, преждевременной профилактики и низкого уровня организации производства, а также недостаточной индивидуальной информации о состоянии каждого автомобиля. Так, объем текущего ремонта автомобилей, заключающийся, в устранении отказов из-за ненадлежащего обнаружения неисправностей, составляет более 48 % от общего объема трудовых затрат на техническое обслуживание автомобилей. Наиболее действенная стратегия по поддержанию автомобиля в исправном состоянии – техническое обслуживание и текущий ремонт по состоянию показателей диагностирования. При поиске дефектов методы диагностирования позволяют выявить вид и причину дефекта. По диагностическим параметрам все методы делят на три группы [59, с. 197–206]:

- по параметрам рабочих процессов, которые позволяют проверить выходные показатели (давление топлива в линии высокого давления, ход иглы распылителя форсунки и т.д.). Точность данных измерений высока, так как осуществляется прямое измерение контролируемой величины;
- по параметрам сопутствующих процессов менее достоверна, но все же позволяет нам косвенно определять параметры рабочих процессов (вибрация, нагрев, шум);

- по структурным параметрам, которые опираются на измерение износов деталей (корпуса ТНВД, прецизионных пар, кулачкового вала и т.д.).

Стоит отметить, что каждый метод предназначен для контроля определенного физического процесса. Поэтому техническое обслуживание и ремонт автомобиля в современных условиях нерационален без контрольно-диагностических работ, доля которых уже превысила 30 % от трудоемкости ТО и Р [37, с. 146]. Анализируя указанное, понимаем, что большое значение имеет проблема уменьшения трудовых затрат при выполнении диагностирования. Решение этой проблемы будем осуществлять в двух направлениях:

- повышение эффективности внешнего стационарного диагностирования путем улучшения его методов и средств, в сочетании с внедрением автоматизированных систем управления производством ТО и Р;

- повышением контроля над пригодностью автомобилей и разработкой средств встроенного диагностирования, позволяющих осуществлять и анализировать непрерывный контроль за техническим состоянием автомобиля при минимальных затратах.

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.

Экономический эффект применения диагностирования в разработках таких ученых как И.И. Габитов, А.А. Козеев, А.А. Долгушин, В.И. Парфенов [16, 34, 65, 87] подтверждает опыт ее внедрения. Так при внедрении диагностирования в процесс поиска неисправностей автомобиля наблюдается снижение затрат на ТР на 9...11 %, сокращение расхода запасных частей на 8...11 % и расхода топлива на 2...4 %.

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.

Вывод. Планово-предупредительная система контроля за автомобилем не оправдывает себя из-за повышенных затрат на последующий ремонт. Необходим учет индивидуальных параметров автомобиля с наименьшими затратами по его диагностированию и проведению ремонта. Необходимо уменьшить трудоемкость диагностирования созданием наиболее приемле-

мого метода технической эксплуатации дизельный двигателей сочетающий в себе возможность взаимодействия с автоматизированными системами и непрерывностью контроля. Для этого нам нужно проанализировать работы, проведенные по данной проблеме и найти решение в виде усовершенствованного метода диагностирования.

1.3. Сравнительный анализ разработок в области диагностирования автомобильных дизелей

С каждым годом увеличивается выпуск автомобилей с дизельными двигателями, а также значительная зависимость эффективности их использования от технического состояния двигателя, привело к большому количеству разработок в области диагностирования дизелей.

Работы в этой области ведутся в научных и высших образовательных учреждениях, таких как ГОСНИТИ, НИИАТе, МАДИ (МГУ), СГТУ, ЧГАУ и других организациях. Этим направлением занимались такие ученые, как А.А. Отставнов, Л.В. Мирошников, А.П. Болдин, В.М. Михлин и др. в работах В.А. Аллилуева, Ю.А. Васильева, А.И. Володина, Л.В. Грехова, В.Т. Данковцева, Е.В. Дмитриевского, И.П. Добролюбова, Н.С. Ждановского, Н.А. Иващенко, С.В. Камкина, В.Д. Карминского, М.И. Левина, Е.А. Никитина, А.В. Николаенко, А.А. Обозова, Ю.Е. Просвинова, О.Ф. Савченко, А.Н. Соболенко, Б.Н. Файнлейба и других ученых.

В результате выполненных работ, предложено множество методов и средств, позволяющих оценить техническое состояние двигателей в практике эксплуатации и ремонта автомобилей [86, с. 125].

Рассмотрим пример классификации основных методов диагностирования по табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1 . 2

Классификация методов диагностирования по основным признакам

Классификационные признаки	Методы диагностирования
1	2
Задачи диагностирования	Проверка работоспособности; проверка правильности функционирования; настройка параметров; поиск неисправностей; поиск дефектов
Применение диагностических средств	Органолептические; инструментальные
Характер измерения параметров	Прямой; косвенный
Периодичность диагностирования	Регламентный; заявочный; непрерывный

1	2
Условия проведения диагностирования	Полевые, станция технического обслуживания; безмоторные
По степени разборки объекта диагностирования	Разборная; безразборная
Режим работы объекта	При установившемся режиме; при неустановившемся режиме; при статодинамическом режиме
Диагностические параметры	Параметры рабочего процесса; параметры сопутствующих процессов; структурные параметры
Используемый физический процесс	Виброакустический; магнитной; спектрографический; тепловой; гидравлический; газоаналитический; кинематический и другие

На основании таблицы можно сказать следующее: проверка работоспособности использует методы диагностирования, выявляющие (без указания места и причины) определённую совокупность отказов и повреждений. Вместе с тем обработка информации, анализ параметров и дефектов достаточно сложны, недостаточно стабильны, достоверны и информативны.

Ряд других авторов, таких как А.М. Харазов, А.Н. Илюхин, Д.М. Вохмин, А.В. Пономарев обращает внимание на общее диагностирование дизеля (рис. 1.2) и предлагают представить в виде классификации, разделив на два класса: по мощностным и экономическим показателям и по параметрам отработавших газов [86, 41, 14, 72].

В диссертации Бацежева Х.Х. и других [7, 74, 85] правомерно, на наш взгляд, уделено немалое внимание мощностным и экономическим показателям дизеля, которые авторы работ находят тормозным, парциальным и дифференциальными методами, а также бестормозными методами при установившихся и неустановившихся режимах.

Тормозной метод обладает значительной точностью, однако требует дорогостоящих стендов тяговых качеств.

Парциальный и дифференциальный методы дают возможность диагностировать дизельные автомобили на стендах небольшой мощности в этом заключается их положительные и отрицательные стороны. Парциальный метод состоит в испытании двигателя по частям, при этом двигатель работает с частью выключенных цилиндров.

При дифференциальном методе диагностирования, оценивается отклонение мощности от номинальной по отдельным цилиндрам или минимальной группе цилиндров.

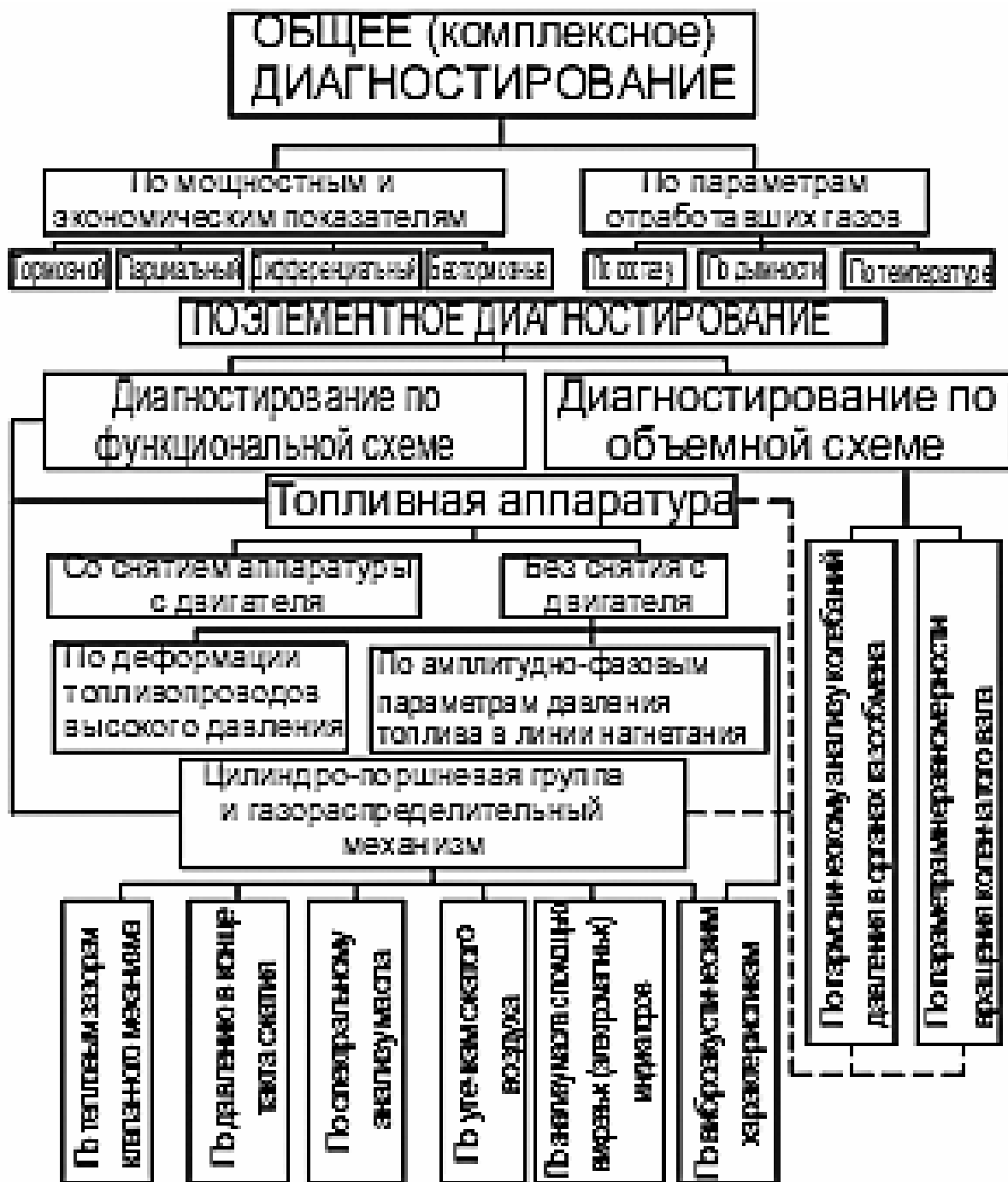


Рис. 1.2. Основные методы диагностирования дизелей

Двигатель проверяется под нагрузкой и за счет выключения цилиндров двигателя до такой степени, при которой для вывода его на номинальный скоростной режим необходимо подключение внешнего источника энергии. Для этого использован стенд в режиме двигателя.

Погрешность парциального и дифференциального методов определения мощностных и экономических показателей работы двигателей близится к погрешности тормозного метода. Вместе с тем эти методы увели-

чивают объем информации по отдельным цилиндрам, что приводит к увеличению трудоемкости диагностирования [40].

Бестормозные методы определения основных показателей работы дизеля, при установившихся режимах работы, основаны на использовании в качестве нагрузки механических потерь двигателя в сочетании с выключением из работы части цилиндров. Достижимая погрешность составляет 3...4 % [67].

При диагностировании дизеля бестормозными методом, как утверждают такие видные деятели как Е.А. Никитин, Л.В. Станиславский, Э.А. Улановский, О.Д. Климпуш, А.В. Дитячев, на неустановившихся режимах работы, двигатель нагружается до полной цикловой подачи за счет преодоления сил инерции и механических потерь. Эффективная мощность дизеля определяется по изменению углового ускорения при данном значении угловой скорости. Метод отличается оперативностью, но имеет более высокую погрешность по сравнению с описанными методами [33, 54, 30, 63].

Так же, важное место занимают методы диагностирования дизелей, исследуемый в трудах по параметрам отработавших газов, поскольку они связаны с проблемой снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду. Параметрами для исследования отработавших газов являются: состав, дымность и температура. Определение непосредственно состава ОГ создает значительные технические и экономические трудности. Поэтому более широкое распространение получил метод оценки технического состояния дизеля по дымности ОГ, но стоит отметить, что он не обладает высокой точностью и достоверностью. Достаточно точные результаты дает метод диагностирования по температуре ОГ [24].

Из рассмотренного выше мы приходим к выводу, что требуется большая обработка статистической информации, в виду неуправляемости степенью проявления дефектов некоторые области остаются недостаточно изученными, комбинация отклонений ухудшает достоверность диагностической модели и еще более увеличивает затраты на её создание.

Поэтому мы считаем, что математическое моделирование связано с наименьшими затратами и позволяет наиболее точно и достоверно решить задачу диагностирования.

Далее мы 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.

Стоит отметить, что 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 [5].

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 много определяет мощностные, экономические и экологические показатели дизеля.

Следует отметить, что в 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 [90, с. 13–16].

Поэтому ряд авторов [42, 51, 19] классифицирует выпускаемые средства для диагностирования дизелей по следующим показателям (табл. 1.3).

Т а б л и ц а 1 . 3

Классификация выпускаемых средств для диагностирования

Классифицирующие признаки	Средства диагностирования
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.

1.4. Оборудование для диагностирования системы питания дизельного двигателя

Приспособление КИ-16301А [6] (рис. 1.3) состоит из корпуса 16 резервуара 2, приводной ручки 1, манометра 3, переходника 5. Внутри корпуса 16 установлена плунжерная пара 7, нагнетательный клапан 15 и пружина 17. Внутри резервуара 2 находится заборная трубка 13. Под действием разряжения топлива из резервуара 2 по заборной трубке поступает в полость плунжерной пары и через нагнетательный клапан поступает к переходнику 5.

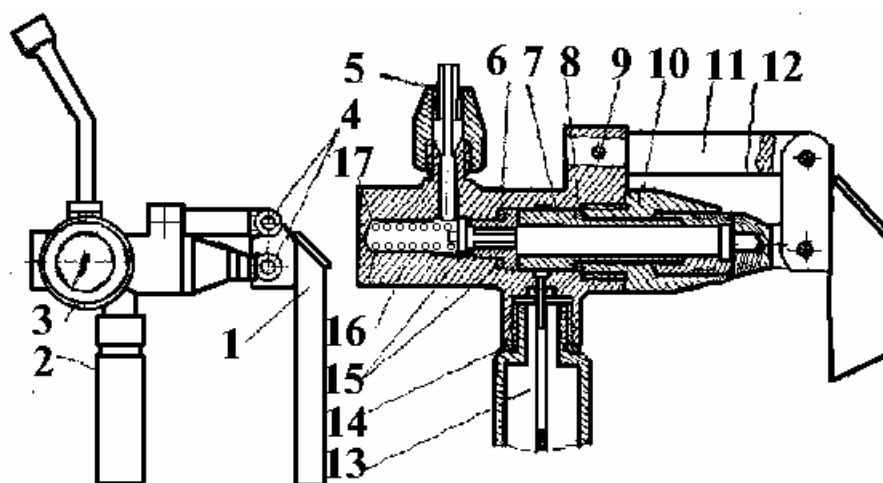


Рис. 1.3. Прибор КИ-16301А:

1 – приводная ручка; 2 – резервуар; 3 – манометр МТП604; 4 – винт;
5 – переходник; 6; 8; 14 – прокладка; 7 – плунжерная пара; 9 – штифт;
10 – крышка; 11 – коромысло; 12 – проушина; 13 – трубка заборная;
15 – нагнетательный клапан; 16 – корпус; 17 – пружина

Прибор КИ-562 (рис. 1.4) в отличие от приспособления КИ-16301А позволяет лишь диагностировать форсунку, при этом обязательным условием является демонтаж ее с двигателя.

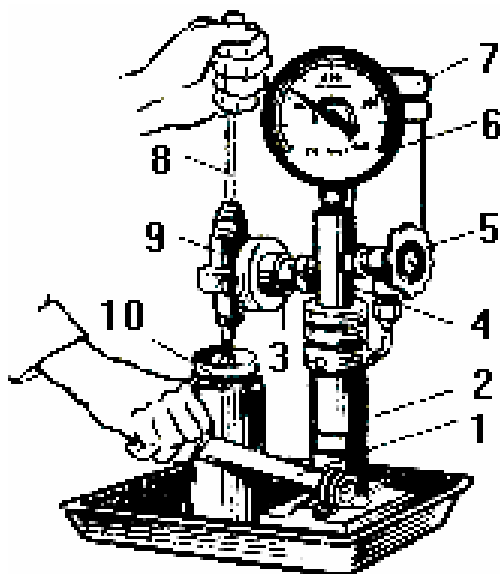


Рис. 1.4. Прибор КИ-562:

1 – рычаг; 2 – корпус прибора;
3 – маховичек; 4 – распределитель;
5 – запорный вентиль; 6 – манометр;
7 – бачек; 8 – отвертка; 9 – форсунка;
10 – глушитель

1.5. Анализ стендов для проверки топливных систем дизельных двигателей

Анализ литературных источников, каталогов специализированного оборудования для ТО и ТР автомобилей и агрегатов, фирм производителей оборудования, показал, что в настоящее время разработано и производится большое количество стендов и приборов для испытаний ТНВД. Основными разработчиками стендов в странах СНГ и бывшем СССР являлись следующие организации: ГОСНИТИ, ЛСХИ, НИИАТ, НАТИ. На основании научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ указанных организаций были созданы и нашли широкое применение на предприятиях автомобильного транспорта отечественные стенды ДД 10-04 – (КИ-1571 1М-01), ДД 10-01, СДТА-1 и др. [3, 6, 21, 22, 23, 41, 42].

Из зарубежных производителей стендов для испытания ТНВД можно выделить фирмы БОШ, МОТЕРПАЛ, ХАНСМАН, СТАР, МЕРКЕЗ. Распространение на предприятиях автотранспорта нашли стенды СТАР-12, Мотерпал НС-101, Мотерпал НС-106 и др. По своему функциональному назначению и конструкции названные выше стенды имеют много общих признаков.

Стенды для испытания и регулирования ТНВД предназначены для измерения контрольно-регулируемых параметров топливных насосов.

Основные системы стендов, включая их составные части и измерительные устройства, следующие.

Система топливоподачи предназначена для подачи в испытываемый насос технологической жидкости (дизельного топлива) с заданными параметрами (вязкостью, температурой и избыточным давлением) и поддержания их в определенных пределах.

Для реализации этих требований стенды оборудуют топливным баком обычно с электрическим подогревателем; теплообменником (охладителем), подсоединяемым к водопроводной сети; терморегулятором, поддерживающим температуру технологической жидкости в заданных пределах; стендовым топливным насосом для создания на впуске в испытываемый насос необходимого избыточного давления; фильтрами грубой и тонкой очистки топлива. Современные стенды оборудуют также масляным баком и насосом для подкачки масла в картер испытываемого насоса, имеющего циркуляционную систему смазки (от двигателя).

Топливный бак заправляют технологической жидкостью вязкостью 3...6 мм²/с (3...6 сСт), состоящей (обычно) из дизельного топлива в смеси с моторным или индустриальным маслом. Чтобы снизить вязкость дизельного топлива, вместо масла иногда добавляют керосин. Топливный бак снабжен уровнем.

За рубежом используют специальную контрольную технологическую жидкость, выпускаемую нефтеперерабатывающими заводами.

Главный привод служит для вращения вала привода испытываемого насоса. Как правило, привод рассчитан на бесступенчатое регулирование частоты вращения с учетом жестких требований к стабильности поддержания ее заданных значений, включая снижение до минимума колебаний даже в пределах одного оборота вала.

Диапазон бесступенчатого регулирования должен охватывать все режимы испытания насоса: от пускового до полного автоматического выключения подачи топлива регулятором. Стенды более раннего выпуска, эксплуатируемые на ремонтных предприятиях, снабжены электрическим приводом с клиноременным вариатором. В связи с расширением диапазона частоты вращения и увеличением мощности привода все чаще в качестве главного привода используют гидропривод и электрический привод с тиристорным управлением на базе электрической машины постоянного тока.

Система измерения подачи топлива состоит из блока измерительных емкостей (мензурок), пеногасителей, устройства для установки нуля отсчета объема поступающего в мензурки топлива, устройства для опорожнения мензурок и важнейших элементов – счетчика и задатчика числа циклов, подающих команду на исполнительный механизм – отсекающий подачу топлива в мензурки (шторку). Появились стенды с безмензурочной (электронной) системой замера цикловой подачи топлива.

Система измерения фазовых параметров представляет собой маховик или диск с градусными делениями для отсчета угла поворота вала привода, стробоскопическое устройство с датчиками начала впрыскивания и импульсной (стробоскопической) лампой.

Приборы стендов ранних выпусков – это манометры низкого и повышенного давления, вакуумметр, тахометр, дистанционный термометр. Современные стенды оборудуют специальным электронным блоком с цифровыми индикаторами, показывающими частоту вращения вала привода, число циклов, угол начала и продолжительность впрыскивания.

Специальные устройства. Топливные насосы последних выпусков снабжены пневматическим корректором (ограничителем дымления), работающим под давлением воздуха от турбокомпрессора. Для настройки пневмокорректора стенд оборудуют устройством, создающим избыточное давление. Производительность топливоподкачивающего насоса измеряют жидкостным ротаметром

Стенд КИ-921М (СТДА-2) предназначен для испытания и регулировки топливных насосов с числом секций до восьми [41, 42, 43]. Он состоит из механизма привода с клиноременным вариатором частоты вращения приводного вала; топливных баков; мензурок для измерения объема топлива, подаваемого испытываемым насосом через форсунки; счетчика числа циклов; стробоскопического устройства для измерения угла начала впрыскивания топлива; пеногасителей с датчиками начала впрыскивания топлива;

градуированного диска для измерения углового положения кулачкового вала испытываемого насоса; приборов, рычагов и кнопок управления, кронштейнов, соединительных муфт, топливопроводов.

Стенд КИ-921М известен в ремонтных предприятиях и достаточно надежен, но не удовлетворяет возросшим требованиям к точности настройки ДТА: клиноременный вариатор с двумя ступенями частоты вращения неудобен (приходится перекидывать ремень); диапазон частоты вращения, особенно нижний предел (125 мин^{-1}), недостаточен; мала мощность электропривода; мензурки с грубой ценой деления (1 см^3); тахометр с тахогенератором дает большую погрешность измерения частоты вращения, особенно ниже 500 мин^{-1} . Стенд не позволяет испытывать насосы с 12 секциями.

Все это послужило основанием для разработки и освоения производства новых, более совершенных стендов.

Стенд КИ-22201А предназначен для испытания и регулирования топливных насосов с 12 секциями и отличается от других стендов следующим. Вместо клиноременного вариатора применен электропривод ПМСМ-30 с муфтой скольжения. В комплект привода входят электродвигатель АОС2-42-4 мощностью 7,5 кВт и частотой вращения 1360 мин^{-1} , электромагнитная муфта скольжения, тахогенератор ТМГ-ЗОП, блок бесконтактного регулирования частоты вращения.

Для расширения диапазона бесступенчатого регулирования между электроприводом и выходным валом стенда установлена двухступенчатая клиноременная передача. Первая ступень (понижающая) позволяет получить частоту вращения $40...300 \text{ мин}^{-1}$, вторая (повышающая) $200...1650 \text{ мин}^{-1}$. С одной ступени на другую переходят за счет переключения зубчатой муфты с внутренним зацеплением.

В электромагнитной муфте привода ПМСМ-30 ведомая и ведущая части не связаны жестко, между ними наводится магнитное поле.

Регулирование частоты вращения выходного вала привода типа ПМСМ достигается за счет перемены напряженности магнитного поля, в результате чего изменяется проскальзывание муфты (ее ведомая часть при вращении как бы отстает от ведущей).

От главного вала посредством зубчатой передачи вращаются эксцентриковый вал привода испытываемых топливоподкачивающих насосов и счетчик числа циклов.

Лопастной стендовый насос П2-31А приводится в действие электродвигателем АОЛ2-12-6 мощностью 0,6 кВт при частоте вращения 910 мин^{-1} . На стенде помещены два ряда мензурок по 12 в каждом ряду) для измерения объема подаваемого насосом топлива. Вместимость и цена деления мензурки первого ряда 25 и $0,2 \text{ см}^3$, второго соответственно 100 и $1,0 \text{ см}^3$.

Манометр 0...0,6 МПа (0...6 кгс/см²) снабжен предохранительным клапаном, отключающим его при давлении в системе более 0,5 МПа (5 кгс/см²).

Топливный бак стенда оборудован двумя электронагревателями ТЭН-100-А13/1,0 и змеевиком для циркуляции холодной воды.

В зависимости от температуры топлива терморегуляторами автоматически включаются нагреватели, или поступление воды. Датчики терморегуляторов расположены в магистрали топливоподачи на входе в испытываемый топливный насос.

Заслонкой мензурок управляет электромагнит.

Со стендом поставляют кронштейны для установки испытываемых насосов и соединительные муфты, а также контрольный датчик стробоскопа.

Стенд КИ-6251 предназначен для испытания и регулирования топливных насосов с 12 секциями. Основные отличительные особенности: стенд оснащен электронным измерительным блоком с цифровыми индикаторами, которые выдают численное значение частоты вращения главного вала привода, числа циклов, угла начала и продолжительности впрыскивания топлива каждой секцией испытываемого насоса.

Стенд оборудован топливным баком для питания ТНВД при испытаниях, а также насосом, обеспечивающим необходимое давление и производительность для испытания ТНВД различной мощности. Мерные колбы с эталонными форсунками расположены на консольной стойке, положение которой может изменяться посредством ее поворота вокруг оси. Данное конструктивное решение обеспечивает удобство при креплении насосов различного типа и их подсоединении к эталонным форсункам. *Стенд так же имеет автономную систему термостабилизации топлива, встроенную систему пневмокоррекции для ТНВД с корректорами по наддуву и систему смазки для ТНВД с циркуляционной системой смазки.*

В комплектацию к стенду ДД 10-04 (рис.1.5) включен стробоскоп, обеспечивающий наблюдение и регистрацию момента начала впрыска топлива форсункой. На валу с приводным шпинделем установлен отградуированный лимб со шкалой в градусах поворота кулачкового вала насоса, что в сочетании со стробоскопом позволяет измерять момент подачи топлива каждой секцией ТНВД.

Для измерения расхода топлива, подаваемого секциями насоса, используются мерные колбы из прозрачного материала с делениями на боковой поверхности для отсчета порций топлива, поступивших от секций насоса. Количество измерительных колб-12. Число циклов работы насосных секций за процедуру измерения цикловой подачи задается специальным отсчетным устройством (пультом управления). Для измерения производительности топливоподкачивающих насосов на стенде установлена мерная колба объемом 4 дм³. Колбы расположены в нижней части поворотной

консоли. Подача топлива к ТНВД осуществляется через специальные магистрали стенда.

Максимальное число одновременно проверяемых секций у стенда ДД 10-04 равно 12.



Рис 1.5. Стенд для контроля и регулировки ТНВД



Рис 1.6. Топливный насос высокого давления на стенде

Но стенд ДД 10-04 имеет и недостаток, который характерен для всех типовых моделей стендов для диагностики ТНВД, а именно: во время проведения работ по регулировке топливных аппаратур выделяются пары распыленного топлива от работающих форсунок, находящихся в этот момент в местах их установки в поворотной консоли.

Принцип работы – ТНВД, установленный на рабочей поверхности стенда, соединяется с выходным валом задатчика вращения через специальную муфту. Задатчик вращения вала ТНВД мощностью 11 кВт включает в себя асинхронный трёхфазный двигатель и преобразователь частоты Mitsubishi Electric. По точности задания и поддержания частоты вращения такое решение удовлетворяет самым современным требованиям. Измерение частоты вращения, углов впрыскивания топлива посекционно, задание количества циклов (и их отсчет) при измерении подачи топлива производится специализированным блоком электроники с цифровой индикацией. Используемые в стенде технические решения, электроника и кинематика позволяют контролировать и настраивать параметры ТНВД современных дизельных двигателей как отечественного, так и импортного производства.

Основные технические характеристики

- Контроль и регулировка ТНВД с количеством секций – до 12.
- Дискретность задания и погрешность измерения частоты вращения вала ТНВД – не более 1 об/мин.
- Дискретность задания и погрешность отсчета циклов при измерении цикловой подачи – не более 1 об/мин.
- Погрешность измерения объемов впрыснутого топлива – не более 1 %.
- Погрешность определения углов начала нагнетания топлива и углов чередования работы секций ТНВД – не более 0,5 град.
- Стенд КИ-22205 представляет собой модернизированный стенд КИ-921М. На нем установлен электронный измерительный блок.

1.6. Анализ оборудования для диагностирования топливной системы без снятия с автомобиля

Электронный малогабаритный диагностический прибор ЭМДП. Прибор ЭМДП состоит из измерительного блока (рис. 1.7) и набора первичных преобразователей: индукционного датчика частоты вращения контактного датчика начала подачи топлива, датчика температуры и вибродатчика с телефонами.

Прибор ЭМДП имеет аккумуляторы, которые могут периодически подзаряжаться от сети 220 В. Все датчики подключаются к специальным

разъемам, расположенным на панели измерительного блока. Результаты измерения параметров регистрируются с помощью стрелочного прибора 1 при определенном положении ручки режима измерения 3.

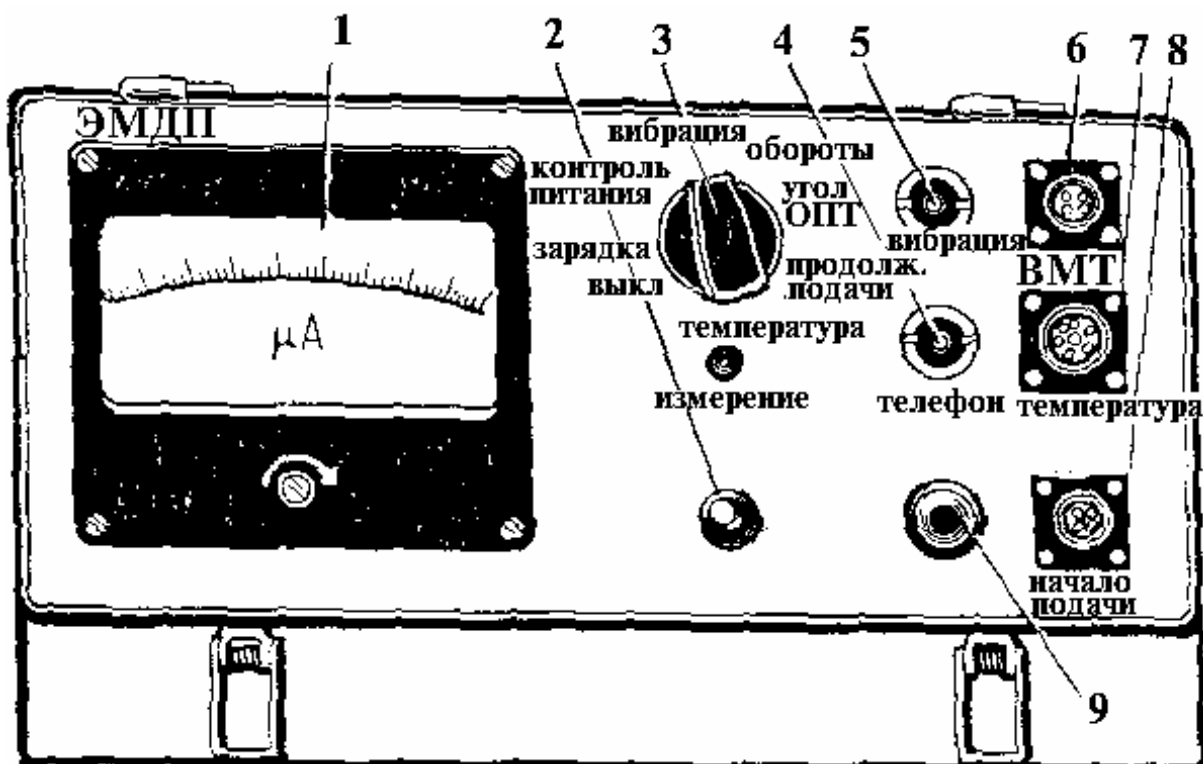


Рис. 1.7. Прибор ЭМДП:

- 1 – регистрирующий стрелочный прибор; 2 – переключатель марки двигателя и измеряемого параметра; 3 – ручка режима работы;
- 4, 5 – гнезда для подключения вибродатчика и телефона;
- 6, 7, 8 – разъемы для подключения индукционного датчика, датчика подачи топлива и датчика температуры; 9 – предохранитель

Определить углы опережения и продолжительности подачи топлива

Установить контактный датчик прибора ЭМДП на первую секцию топливного насоса (рис. 1.8).

Запустить двигатель, установить индукционный датчик частоты вращения в отверстие кожуха маховика и соединить его с прибором ЭМДП. Затем, постепенно перемещая датчик к маховику, следить за стрелочным прибором 1 (см. рис. 1.8), и как только он начнет показывать значение частоты вращения коленчатого вала двигателя, закрепить датчик с помощью цанговой втулки.

Датчик температуры установить вместо щупа уровня масла и подсоединить его к прибору.

Прогреть двигатель до температуры картерного масла 85–90 °С и установить частоту вращения коленчатого вала двигателя 1000 об/мин.

Определить угол начала подачи топлива и продолжительность подачи по прибору, переключая ручку режима измерения в соответствующее положение.

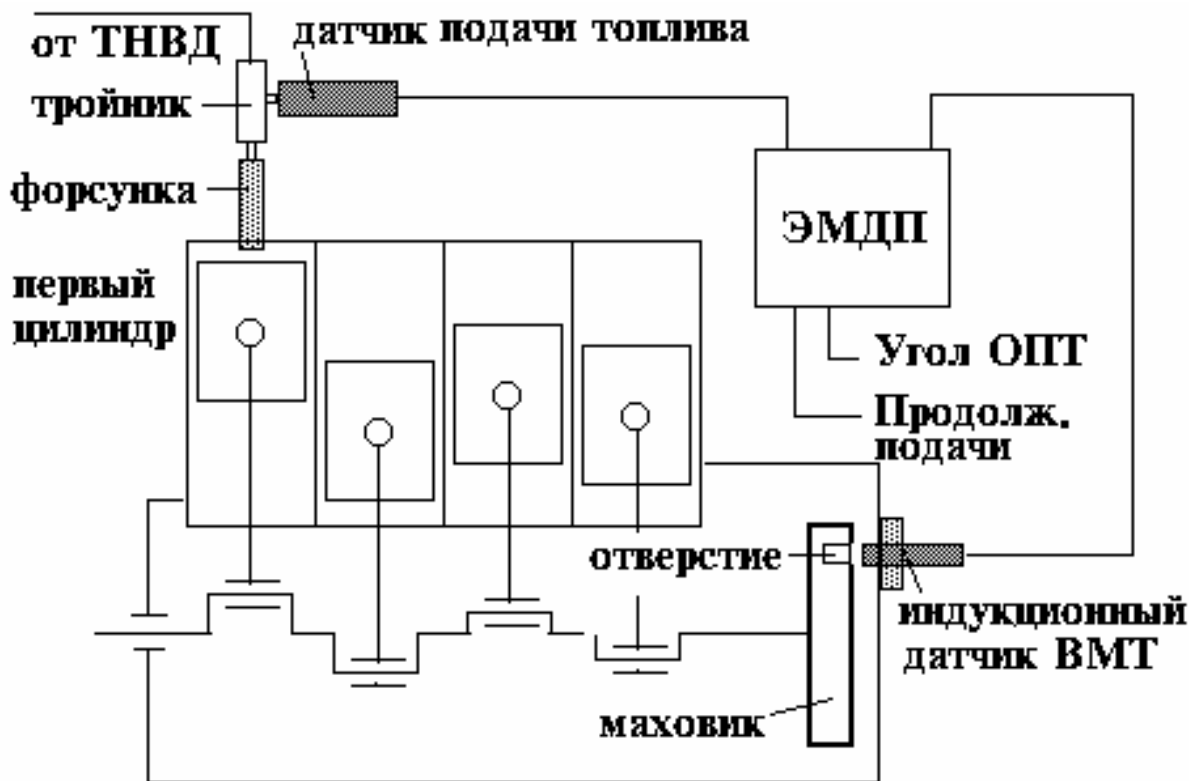


Рис. 1.8. Подключение датчиков прибора ЭМДП к двигателю

1.7. Комплекс для диагностирования двигателей КАД-300

Комплекс представляет собой сварную передвижную конструкцию и состоит из стойки на колесах с прикрепленной к ней стрелой.

Общий вид комплекса приведен на рис. 1.9.

Внутри корпуса размещены модуль системный 1 и блок фильтра 2.

Сзади корпус закрыт дверью с замком, обеспечивающей доступ к соединительным жгутам.

В корпусе имеются два выдвижных ящика. В верхнем ящике 3 устанавливается печатающее устройство 4, внутренний карман ящика предназначен для пульта дистанционного управления (ПДУ) 5, ящик 6 отведен под принадлежности и инструмент.

На откидной панели 7 установлена клавиатура 8. Панель открывается нажатием кнопки 9, расположенной на корпусе сбоку, и освобождает доступ к дисководу системного модуля. Справа от откидной панели 7 находится панель 10 с фотоприемником 11 и кнопками управления. Панель 12 открывается аналогично панели 7 и освобождает доступ к отсеку с газоанализатором 13.

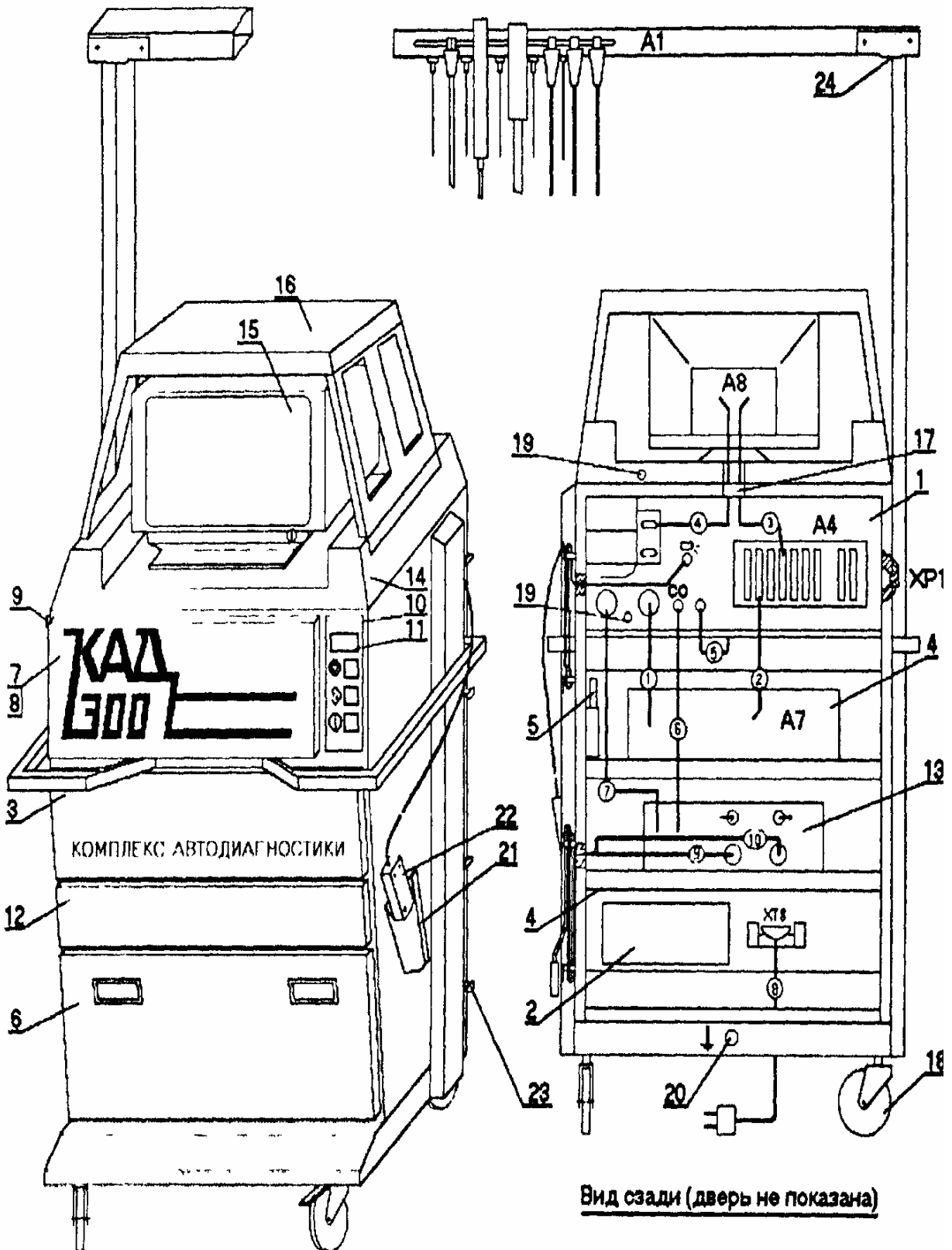


Рис. 1.9. Комплекс автодиагностики КАД300:

- ① – кабель принтера сетевой;
- ② – шнур интерфейсный;
- ③ – кабель монитора сигнальный;
- ④ – кабель монитора сетевой;
- ⑤ – кабель клавиатуры;
- ⑥ – жгут связи с газоанализатором;
- ⑦ – кабель сетевой газоанализатора;
- ⑧ – кабель сетевой комплекс;
- ⑨ – трубка пробозаборная;
- ⑩ – трубка газоотводная

Верхняя панель корпуса стойки 14 служит основанием для монитора 15, который защищен от механических воздействий защитным кожухом 16, кабели монитора зафиксированы прижимом 17. Для обеспечения подвижности корпус установлен на поворотные колеса 18, два передних колеса с фиксаторами. Пломбы 19 установлены в двух местах.

С наружной стороны в нижней части корпуса имеется бобышка 20 для присоединения к шине заземления. На правой по отношению к оператору стенке расположены карман 21 для осветителя 22 и четыре кронштейна 23 для укладки кабеля осветителя и трубки пробозаборного зонда газоанализатора 13 после окончания работы комплекса.

Трубка пробозаборная и трубка газоотводная пропускаются через отверстия в правой стенке корпуса.


Стрела 24 поворачивается на угол не более 120° . Через разъем ХР1 стрела соединяется с модулем системным 1, на ней также закрепляются жгуты с датчиками, служащие для подключения к автомобилю.

Разъем «СО» модуля системного предназначен для подключения жгута связи с газоанализатором 6.

Разъем модуля системного 22 предназначен для подключения кабеля осветителя.

Обозначения разъемов на стреле, внешний вид жгутов и датчиков показан на рис. 1.10:

– разъем "ЖГУТ/ДРА" – для подключения адаптера микропроцессорной системы зажигания (МПСЗ) 1, жгута диагностической колодки 2 или жгута 3;

– разъем  – для подключения жгута вторичной цепи 4;

– разъем **J** – для подключения датчика тока 5;

– разъем **Ω** – для подключения жгута омметра 6;

– разъем **P** – для подключения кабеля 7 датчика давления 8.

Датчик первого цилиндра "↓" и датчик высокого напряжения "↙" жгута вторичной цепи 4, датчик тока 5, датчик давления 8 – накладного типа. Это позволяет производить подключение к двигателю автомобиля без рассоединения проводов системы зажигания, электрооборудования и топливопроводов.

Пружинные зажимы типа "крокодил" помещены в резиновые втулки и имеют на клеммах зажимов соответствующие обозначения.

Осветитель 22 выполнен из ударопрочного полистирола. Между половинами корпуса установлены: линза в резиновой оправе, импульсная лампа, кнопка включения и другие элементы. Изменение момента вспышки осветителя осуществляется вращением рукоятки, выступающей на верхнюю поверхность корпуса осветителя.

Жгут адаптера микропроцессорной системы зажигания 1 объединяет пять проводов и заканчивается двумя зажимами с соответствующими

обозначениями; "Б" и "М", – и тремя клеммами: "К", "Пр1" и "Пр2", – предназначенными для подключения соответственно к батарее и разъемам катушек зажигания микропроцессорной системы зажигания автомобиля. Сбоку клемм находятся хвостовые наконечники, предназначенные для присоединения штатных проводов катушек зажигания МПСЗ при подключении жгута адаптера.

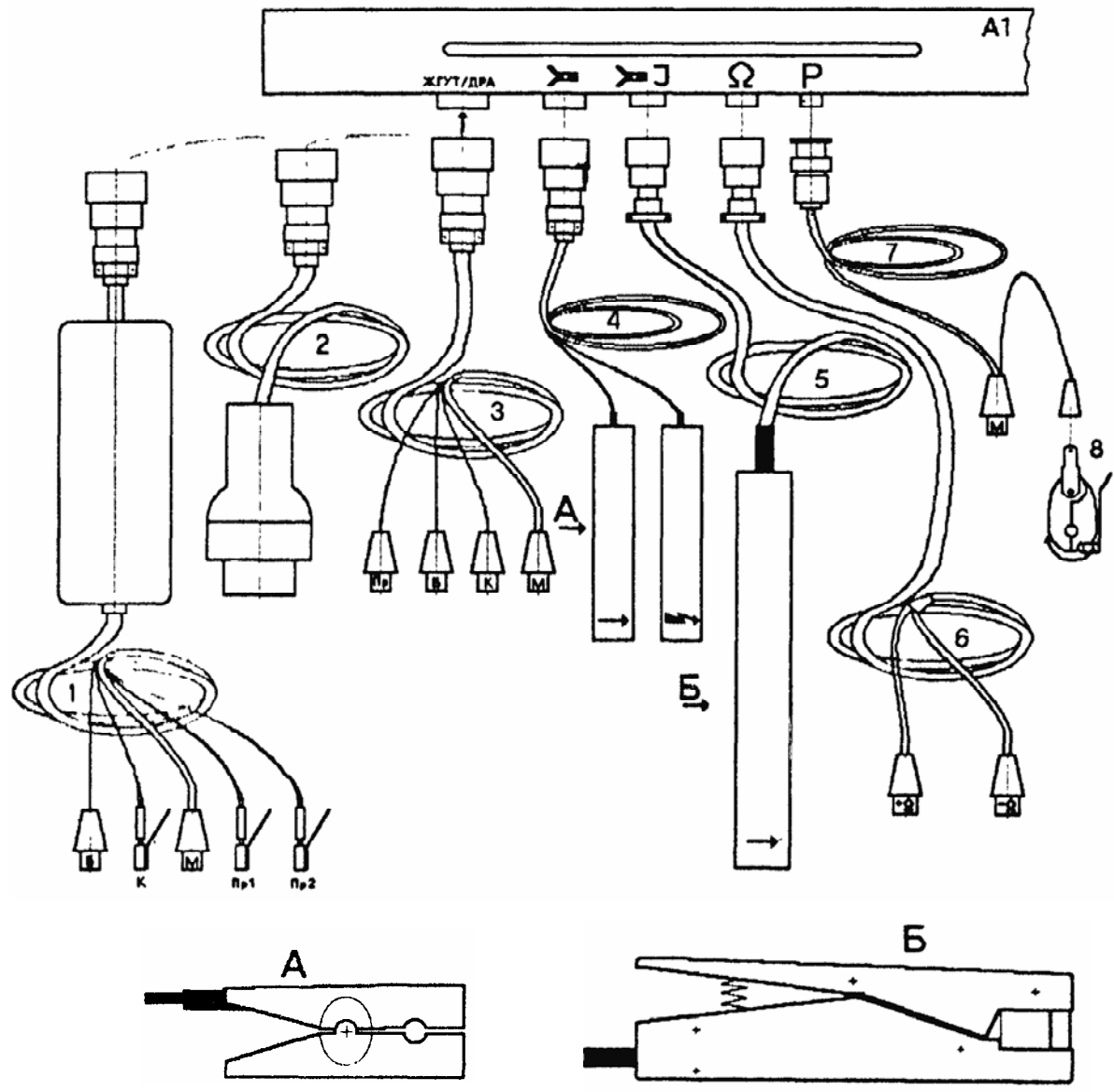


Рис. 1.10. Стрела:
 1 – адаптер микропроцессорной системы зажигания; 2 – жгут диагностической колодки; 3 – жгут; 4 – жгут вторичной цепи; 5 – датчик тока; 6 – жгут омметра; 7 – кабель датчика; 8 – датчик давления

Жгут диагностической колодки 2 заканчивается вилкой для подключения к диагностическому разъему автомобиля (ДРА).

Жгут 3 объединяет четыре провода и заканчивается четырьмя клеммами с обозначениями: "Б", "М", "К", "Пр".

Аналогично выполнен жгут омметра 6, объединяющий два провода с соответствующими обозначениями на клеммах зажимов: "+Ω" и "-Ω" .

Кабель 7 имеет зажим с обозначением "М" и разъем для подключения датчика давления 8.

Накладной датчик давления 8 поставляется двух типов – для топливопроводов диаметром 6 и 7 мм.

Органы управления и индикации комплекса показаны на рис. 1.9 и 1.11.

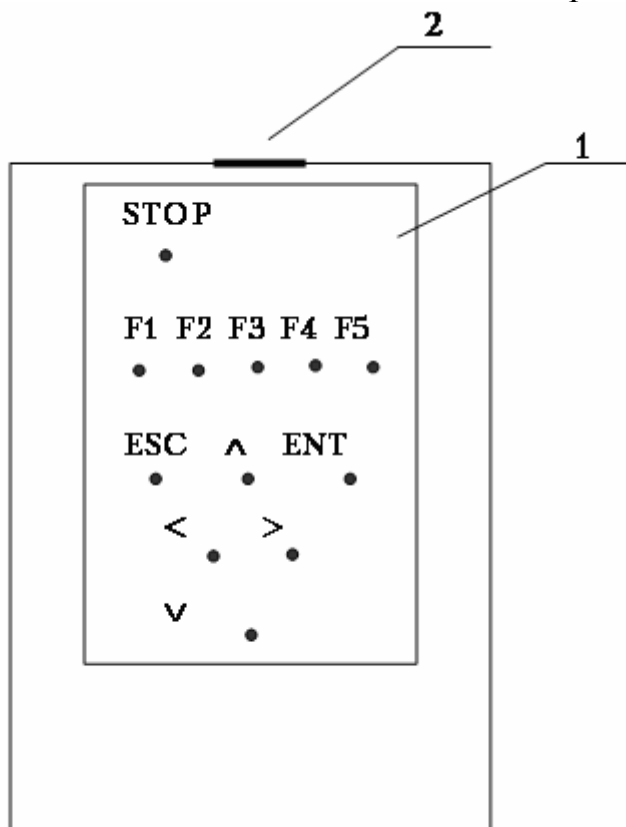


Рис. 1.11. Пульт дистанционного управления (РДУ)

На передней панели комплекса расположены:

- кнопка ○ (стоп – аварийная остановка двигателей диагностируемого автомобиля с бензиновым двигателем);
- кнопка ◇ (перезапуск рабочей программы);
- кнопка ⊕ (включить/выключить комплекс).

На откидной панели 7 расположена стандартная клавиатура на 101 клавишу, используемая для управления персональными компьютерами типа IBM PC.

Управление комплексом может осуществляться с передней панели, с клавиатуры или с пульта дистанционного управления.

Пульт дистанционного управления (РДУ) (см. рис. 1.11) предназначен для управления комплексом дистанционно, с расстояния от 0 до 5 м. и имеет небольшие размеры. Корпус РДУ состоит из двух частей, скрепленных винтом. В задней стенке корпуса РДУ находится выдвижная крышка,

открывающая доступ к элементу питания (батареяке) типа "Крона" на 9 В. На передней стенке корпуса расположена панель 1. В торцевой части корпуса находится окно с инфракрасным светодиодом 2, которое при работе с ПДУ необходимо направлять в сторону фотоприемника под углом не более $\pm 30^\circ$ относительно направленного приема.

Панель 1 содержит кнопки: **STOP, F1, F2, F3, F4, F5, ESC, ENT, "<", ">", "^", "v"**. Кнопки ПДУ **F1-F5** являются функциональными и используются в рабочих режимах комплекса.

1.8. Работа комплекса

Работа на комплексе осуществляется одним человеком – оператором. Комплекс позволяет производить измерение параметров электрооборудования автомобилей, системы зажигания бензиновых двигателей, и топливной системы высокого давления дизельных двигателей с помощью подключаемых к автомобилю жгутов и датчиков.

Принцип работы комплекса КАД300 заключается в измерении электрических параметров на автомобиле с включенным двигателем, работающим в режимах, задаваемых рабочей программой и оператором.

Входные сигналы передаются на измерительные зажимы или датчики, которые вырабатывают электрические сигналы, пропорциональные измеряемым величинам. Сигналы с датчиков и измерительных зажимов после необходимых преобразований обрабатываются рабочей программой, и результаты измерений выводятся на экран или печатающее устройство в заданной форме.

Для автомобилей с бензиновыми двигателями с целью повышения безопасности диагностирования предусмотрен режим аварийного отключения зажигания двигателя.

Электрическая структурная схема комплекса приведена на рис. 1.12.

В состав комплекса входят следующие устройства (модули):

- устройство связи с объектом (УСО);
- модуль согласования (МС);
- модуль интервальных таймеров (МИТ);
- плата АЦП;
- стробоскоп;
- газоанализатор;
- блок питания;
- материнская плата компьютера IBM PC/AT;
- видеомонитор;
- контроллер видеомонитора;
- печатающее устройство;
- клавиатура;
- жесткий диск;

- дисковод;
- клавиатура;
- пульт дистанционного управления.

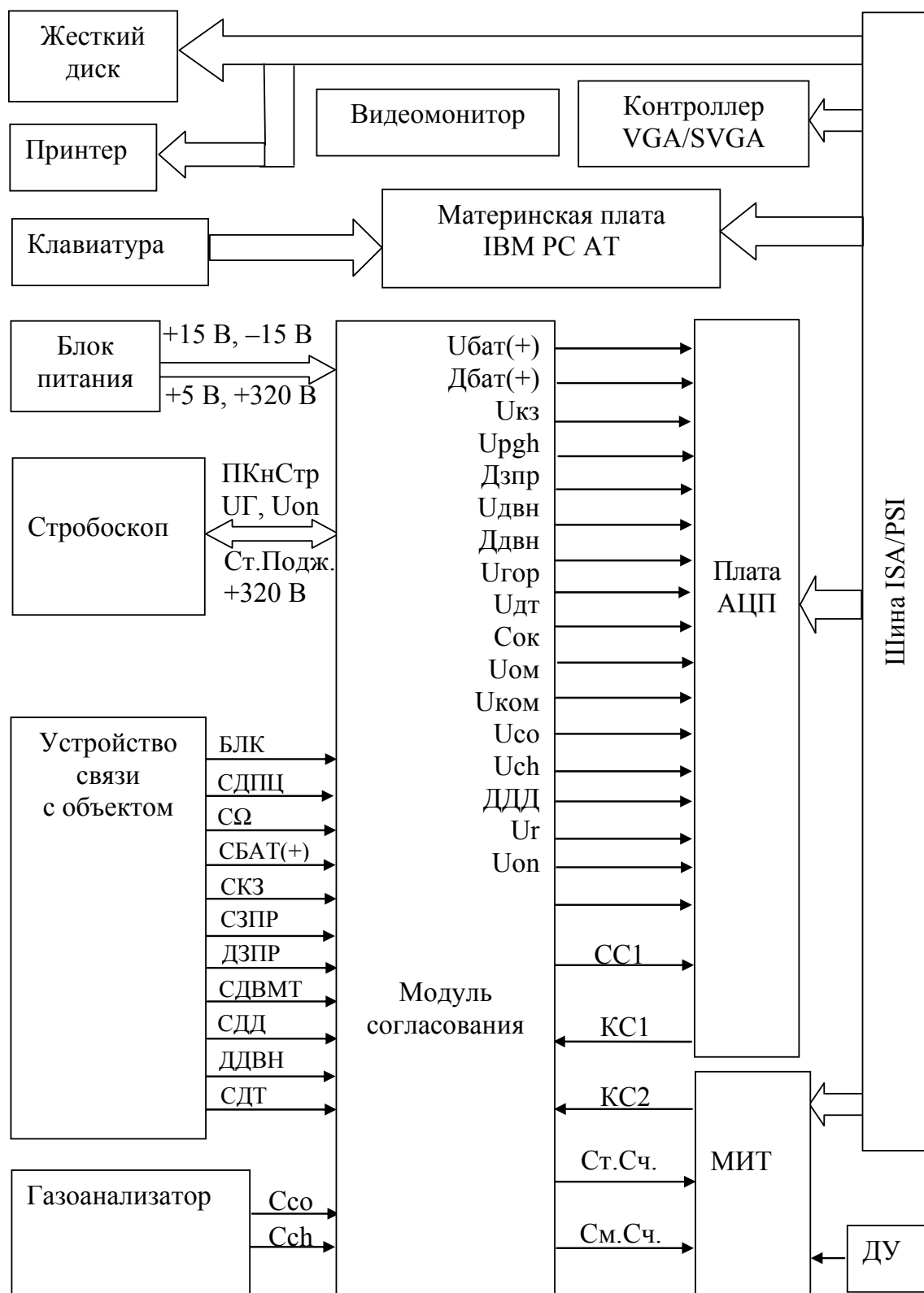


Рис. 1.12. Электрическая структурная схема

На структурной схеме показаны все основные электрические связи модулей.

УСО выполняет следующие функции:

– осуществляет подключение комплекса к автомобилю с помощью датчиков и зажимов;

– осуществляет первичную обработку сигналов, поступающих с датчиков и зажимов;

МС выполняет следующие функции:

– осуществляет обработку сигналов, поступающих с УСО для их последующего измерения на плате АЦП;

– формирует импульсные сигналы, несущие информацию о временных интервалах диагностических параметров «Строб счета» и «Смена счета» (Ст.Сч., См.Сч.);

– вырабатывает несколько бит слова состояния СС1 (синхробит-СБ, бит первого цилиндра – Б1Ц, признак кнопки стробоскопа – ПКнСтр, признак «массы» датчика давления – ПМДД).

МИТ выполняет следующие функции:

– осуществляет накопление, хранение и передачу в компьютер информации о временных интервалах диагностических параметров автомобиля, поступающих с МС (Ст. Сч., См. Сч.);

– формирует командное слово КС2, управляющее работой МС;

– принимает и дешифрует сигналы ДУ.

Плата АЦП выполняет следующие функции:

– преобразует аналоговые электрические сигналы, поступающие с МС в цифровые коды, пригодные для обработки компьютером;

– формирует командное слово КС1, управляющее работой МС.

Процессор, при поддержке остальной периферии материнской платы IBM PC/AT, управляет работой комплекса в соответствии с программой, записанной на жестком диске.

Видеомонитор отображает измеряемые диагностические параметры автомобиля в цифровой и графической форме.

Принтер выводит полученные диагностические параметры автомобиля на лист (рулон) бумаги.

Клавиатура используется для запуска и управления работой комплекса, ведения базы данных и для установки дополнительного программного обеспечения.

ПДУ предназначен для управления комплексом в процессе диагностирования автомобиля.

Газоанализатор осуществляет измерение количества окиси углерода и углеводородом в выхлопных газах автомобиля, и также передачу этой информации в аналоговой форме в МС.

Стробоскоп позволяет осуществить измерение угла опережения зажигания (впрыска топлива) путём совмещения меток на автомобиле.

Блок питания формирует напряжения питания для работы цифровых (+5 В) и аналоговых (+15 В, -15 В) цепей УСО и МС, а также для стробоскопа (+320 В).

1.9. Рабочая программа

Рабочая программа включает в себя исполняемый файл KAD300.EXE, библиотечные и вспомогательные файлы, и находится на жестком диске системного блока. Программа требует установленной на жестком диске операционной системы MS-DOS версии 5.0 и выше (при поставке установлена операционная система MS-DOS версии 6.22). В комплект поставки включена системная дискета «В» с резервной копией рабочей программы и файлами CONFIG.SYS и AUTOEXEC.BAT, устанавливающими необходимые параметры для рабочей программы. Конфигурация командных файлов предусматривает вход в рабочую программу после включения питания комплекса. Не рекомендуется изменять конфигурацию файлов CONFIG.SYS и AUTOEXEC.BAT, а также установки BIOS SETUP PROGRAM. Исходные установки BIOS SETUP, необходимые для правильной работы комплекса, приведены в текстовом файле BIOS_SET.KAD. Рабочая программа имеет интерфейс, организованный по принципу меню, которое состоит из главного меню и "выпадающих" меню режимов (рис. 1.13–1.15).

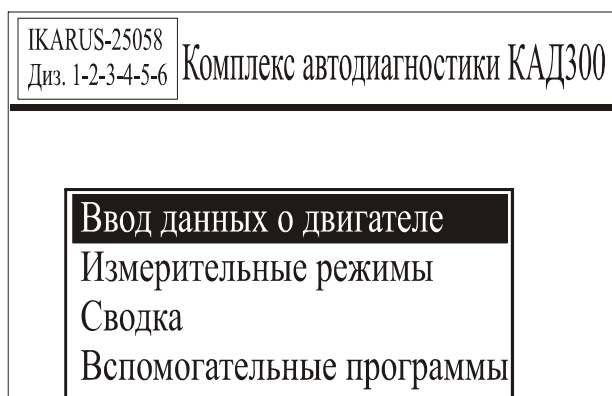


Рис. 1.13. Главное меню



Рис. 1.14. «Выпадающее» меню измерительных режимов

Главное меню (рис. 1.13) состоит из основных режимов работы комплекса. В исходном состоянии маркер установлен в верхнюю позицию ("Ввод данных о двигателе").

Выбор нужной позиции выполняется маркером под управлением клавиатуры или ПДУ с помощью клавиш "↓" или "↑". При нажатии клавиши ENTER в позициях "Измерительные режимы" (рис. 1.14, 1.15) и "Вспомога-

тельные программы" (рис. 1.16) появляется "выпадающее" меню режимов и маркер переходит на строку соответствующего режима (при нажатии клавиши ESC маркер возвращается в главное меню). Выбор нужного режима выполняется клавишами "↓" или "↑". При нажатии клавиши ENTER комплекс переходит в выбранный рабочий режим. В позициях "Ввод данных о двигателе" и "Сводка", нажатием клавиши ENTER, осуществляется переход в соответствующий рабочий режим. Переход между основными режимами выполняется только через главное меню. При переходе от одного меню к другому маркер всегда устанавливается на строку меню последнего выполненного режима (при первом входе – на первую строку меню), исключение составляет возврат в основное (главное) меню из режима "Ввод данных о двигателе" – маркер устанавливается на вторую строку "Измерительные режимы".

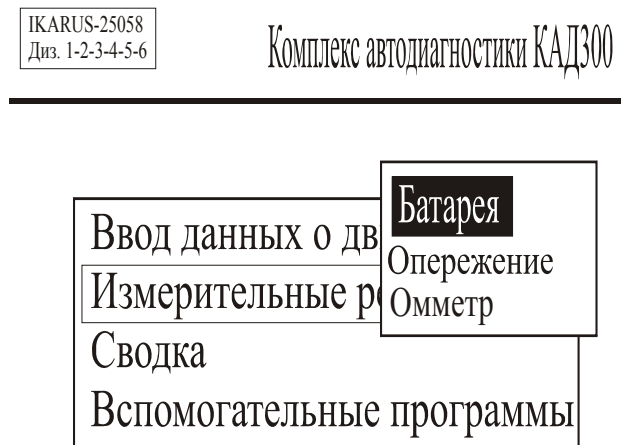


Рис. 1.15. «Выпадающее» меню измерительных режимов (двигатель дизельный)

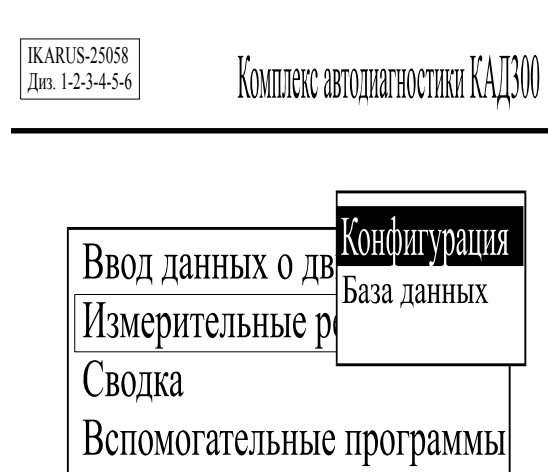


Рис. 1.16. «Выпадающее» меню вспомогательных программ

Основные функции комплекса выполняются в измерительных режимах. Экраны всех измерительных режимов организованы следующим образом (рис. 1.17, 1.18):

- верхняя часть экрана (поз. 1) занята краткой информацией об автомобиле (марка, модель, тип двигателя и порядок работы цилиндров) и названием режима;
- средняя часть экрана (поз. 2) является непосредственно рабочей областью, в которую выводятся текущие значения измерений и результаты работы в режимах в виде числовых значений гистограмм и осциллограмм; несколько нижних строк средней части экрана отведены под информационные сообщения, сообщения об ошибке и окна ввода числовых параметров;
- в нижней части экрана (поз. 3) расположено нижнее меню (НМ), содержащее 6 клавиш с обозначенными на них командами НМ.



Рис. 1.17. Экран измерительных режимов

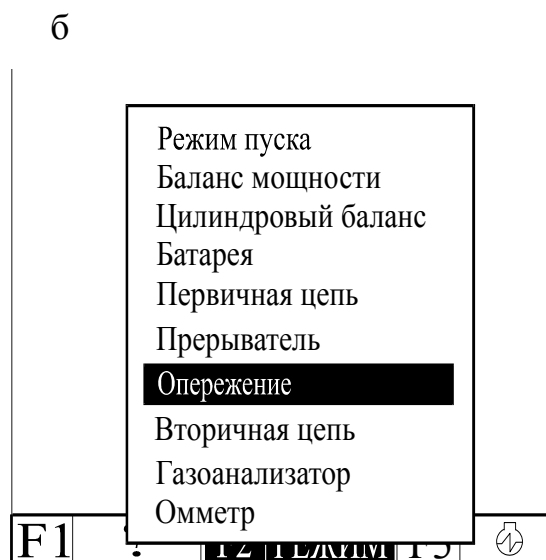


Рис. 1.18. "Выпадающее" меню измерительных режимов (двигатель карбюраторный)

Назначение команд НМ для всех измерительных режимов приведено в табл. 1.4. Обозначение клавиш НМ содержит в левой части название функциональной кнопки ПДУ (клавиатуры), нажато которой вызывает выполнение команды НМ, а в правой части – условное обозначение выполняемой функции.

Выбор команд НМ выполняется маркером под управлением клавиатуры или ИДУ. Предусмотрено два варианта выбора:

- Команда НМ выбирается клавишами клавиатуры (кнопками ПДУ) и выполняется при нажатии клавиши (кнопки ПДУ) ENTER.

- Команда ИМ выполняется по нажатию обозначенной на ней соответствующей функциональной кнопки ПДУ или клавиатуры (F1–F5).





В режимах "Ввод данных", "Конфигурация" и "База данных" возможен только второй вариант выполнения команды НМ.

Отмена любой предыдущей команды НМ выполняется клавишей (кнопкой ПДУ) ESC.

В рабочих режимах "Баланс мощности", "Цилиндровый баланс" и "Опережение (ДВМТ)" возможен переход маркера из НМ в рабочую область экрана для изменения числовых параметров в окне ввода. Переход выполняется клавишей (кнопкой ПДУ) "↑", уменьшение и увеличение значения числового параметра "→" и "←" соответственно. На время мода числовых параметров в рабочей области экрана прекращается ввод значений измерений. Возврат в НМ осуществляется нажатием клавиши (кнопки ПДУ) ENTER.

Таблица 1.4

Назначение команд нижнего меню

Обозначение клавиш НМ	Команда НМ	Назначение
1	2	3
F1 ?	СПРАВКА	По первой команде вверху экрана появляется окно справки, содержащее нормативные значения измеряемых в режиме параметров. Повторная команда закрывает окно справки. Допускается перемещать маркер по НМ и выбирать другие команды при открытом окне справки
F2 РЕЖИМ	ВЫБОР рабочего режима внутри измерительного режима	Команда вызывает появление окна со списком режимов и маркером, установленным на названии текущего режима (см. рис. 1.9). Выбор режима выполняется клавишами «↑» или «↓» При выполнении данной команды выбор и выполнение других команд НМ запрещены. По нажатию клавиши (кнопки ПДУ) ENTER программа переходит в начало выбранного режима
F3 НАЧ.РЕЖ.	НАЧАЛО РЕЖИМА	По команде выполняется переход в начало текущего рабочего режима; используется в режимах «Режим пуска», «Баланс мощности», «Цилиндровый баланс» и «Вторичная цепь (Дуга)»
F3 0	КОРРЕКТИРОВКА НУЛЯ	По команде производится автоматическая корректировка нуля; используется в режимах «Батарея» и «Омметр»
F3 	ДВМТ	По команде устанавливается режим измерения угла опережения зажигания по датчику верхней мертвой точки «Опережение (ДВМТ)»
F3 	СТРОБОСКОП	По команде устанавливается режим измерения угла опережения зажигания по стробоскопу «Опережение (СТРОБОСКОП)»
F3 ДУГА	ДУГА	По команде выполняется переход из режима «Вторичная цепь» в рабочий режим «Вторичная цепь (ДУГА)»
F4 	ПУСК	Команда используется только в режиме «Цилиндровый баланс» для запуска измерительной программы
F4 	ОСЦИЛЛОГРАММА	По команде включается режим осциллографа. В режиме «Режим пуска» команда вызывает вывод на экран осциллограмм только после выполнения необходимых измерений
ESC	ВЫХОД	По команде рабочая программа возвращается в меню измерительных режимов, при этом маркер стоит в позиции выбранного ранее режима

Переходы от одного измерительного режима к другому могут выполняться двумя способами:

– через "выпадающее" меню измерительных режимов (см. рис. 1.14, 1.15), выходя по команде НМ "ESC" в главное меню;

– по команде НМ «F2 РЕЖИМ», выбирая в "выпадающем" окне нужный режим меню (рис. 1.18).

Выполнение команды НМ "ОСЦИЛЛОГРАММА" ведет к обновлению рабочей области экрана и смене НМ. Выбор и выполнение команд нижнего меню осциллографа (НМО) осуществляется аналогично измерительным режимам.



Назначение команд НМО приведено в табл. 1.5. Обозначение клавиш НМО содержит в левой части название функциональной кнопки ПДУ (клавиатуры), нажатие которой вызывает выполнение команды НМО, а в правой части – условное обозначение выполняемой функции.

Т а б л и ц а 1 . 5

Назначение команд нижнего меню осциллограммы

Обозначение клавиш НМО	Команда НМО	Назначение
1	2	3
F1	СТОП-КАДР	По команде прекращается вывод осциллограмм на экран. Клавиша фиксируется, при этом разрешены выбор и выполнение других команд НМО. Повторение команды возобновляет вывод осциллограмм, клавиша возвращается в отжатое (исходное) состояние
F2	ЛУПА	По команде выполняется переход в режим ЛУПА, который позволяет выделить и увеличить по горизонтали часть осциллограммы. По данной команде клавиша НМО фиксируется, рабочая область экрана делится на два окна. В нижнем окне отображаются осциллограмма и две желтые вертикальные линии (маркер ЛУПЫ). Часть осциллограммы, заключенная в область маркера, отображается в верхнем окне. При выполнении данной команды выбор и выполнение других команд НМО запрещены. Перемещение маркера осуществляется клавишами (кнопками ПДУ) «→» или «←». Повторное выполнение данной команды приводит к отжатию клавиши НМО и запрещает перемещение маркера
F4	МАСШТАБ по вертикали	По команде возможно изменение масштаба по вертикали выводимых осциллограмм. По команде фиксируется клавиша НМО. Появляется окно со списком диапазонов вывода осциллограмм и маркером, установленным на текущий диапазон. При выполнении данной команды выбор и выполнение других команд НМО запрещены. Выбор диапазона выполняется клавишами «↑» или «↓». При нажатии клавиши (кнопки ПДУ) ENTER выбранный диапазон становится текущим, отжимается клавиша и разрешаются выбор и выполнение команд НМО





Окончание табл. 1.5

1	2	3
F5	МАСШТАБ по горизонтали	По команде возможно изменение масштаба по горизонтали выводимых осциллограмм. Действия – аналогично команде «МАСШТАБ по вертикали»
ESC 	ОСЦИЛЛОГРАММА	Используется в подрежиме ЛУПА. По команде выполняется переход из подрежима ЛУПА в режим осциллографа
ESC 	ИЗМЕРЕНИЕ	По команде выполняется переход из режима осциллографа в измерительный режим

Назначение функциональных клавиш в режиме «Ввод данных» в процессе работы программы в различные моменты времени изменяется. Функции клавиш, а также нанесенные на них условные обозначения приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Обозначение клавиш нижнего меню

Обозначение клавиши НМ	Команда НМ	Назначение
1	2	3
F1	Конец ввода данных	Завершается выбор транспортных средств из библиотеки и происходит выход из режима
F2 	Следующая страница	При работе со списком выбора или многостраничным документом осуществляет вывод на экран следующей страницы
F3 	Предыдущая страница	При работе со списком выбора или многостраничным документом осуществляет вывод на экран предыдущей страницы
F4 	Следующий список	Переход к следующему списку марок автомобилей
F4 	Включение режима корректировки	При нажатой клавише возможны корректировка параметров транспортного средства и работа с библиотекой транспортных средств
F5	Работа с библиотекой	Позволяет производить пополнение библиотеки и удаление из неё. После нажатия клавиши над ней появляется меню: «Запись/Удаление», из которого выбирается нужная команда
Esc	Выход из режима	При нажатии происходят прекращение выполнения текущей операции и возврат к предыдущей

Выход из рабочей программы комплекса осуществляется несколькими способами:

– отключением питания кнопкой ВКЛ на передней панели комплекса (окончание работы с комплексом);

– одновременным нажатием клавиш Ctrl+Q на клавиатуре (выход в DOS).

Режим «Ввод данных»

Предназначен для выбора необходимых для проведения диагностики автомобиля технических характеристик из библиотеки нормативов, а также для корректировки и дополнения библиотеки в процессе эксплуатации. Является обязательным и должен выполняться каждый раз перед проведением диагностики очередного автомобиля. При вводе данных результаты предыдущей диагностики из сводки удаляются.

При входе в подрежим на экране появляется один из четырех списков марок диагностируемых автомобилей, над которым располагается наименование выбранного списка. Для удобства выбора автомобиля, заносимые в библиотеку, делятся на следующие четыре группы (списка):

- бензиновые легковые;
- дизельные легковые;
- бензиновые грузовые;
- дизельные грузовые.

Переход от одного списка к другому производится клавишей "F4" нижнего меню. Далее с помощью клавиш "↓", "↑", "F2", "F3" следует выбрать нужную марку автомобиля и нажать клавишу ENTER, после чего появится список моделей выбранной марки автомобиля. Выбор модели производится аналогично выбору марки и заканчивается нажатием клавиши ENTER.

Теперь марка и модель автомобиля выбраны, и на экране появляется страница технических характеристик двигателя:

- марка;
- модель;
- рабочий объем;
- тип двигателя;
- число цилиндров;
- порядок работы цилиндров;
- тип системы зажигания;
- категория.

Следующие страницы содержат нормативные параметры для различных режимов работы двигателя.

Для дизельного двигателя используются следующие режимы:

- 0 об/мин;
- стартерный пуск;
- холостой ход;
- режим номинальной мощности;
- режим максимальной мощности

и приводятся нормативные значения следующих параметров:

- напряжение батареи;
- ток стартера;
- частота вращения двигателя;

- угол опережения впрыска;
- приращение угла опережения впрыска.

Переход к следующей странице и обратно производится нажатием соответственно клавиш "F2" и "F3".

Нажатием клавиши "F1" завершается ввод данных и происходит выход из режима.

Корректировка технических характеристик.

Если в библиотеке нормативов отсутствует нужная модель или её технические характеристики отличаются от диагностируемой, то для правильного проведения диагностики необходима их корректировка. Для корректировки нужно выбрать из библиотеки модель с близкими характеристиками. Когда на экране будет отображена страница с техническими характеристиками, нажмите клавишу «F4». Вокруг одной из строк с параметрами появится желтая рамка-выделение. Используя клавиши «↑», «↓», «→», «←», «F2» и «F3», переместите рамку на строку, подлежащую корректировке, и нажмите клавишу ENTER. Дальнейшие действия зависят от типа выбранного для корректировки параметра.

1. Если допускается только выбор параметра из заданного списка, то на экране отобразится список. Клавишами «↑», «↓» и ENTER из предложенного списка выбирается требуемое значение.

2. Если же параметр требует ввода произвольного значения с клавиатуры, то после нажатия клавиши ENTER в строке появляется маркер в виде короткой черты красного цвета. В режиме вставки символа, когда вновь вводимые символы вставляются в строку, раздвигая соседние символы, маркер расположен вертикально, а в режиме замещения, т.е. когда вводимые символы записываются на место прежних, маркер располагается горизонтально под текущим символом строки. Режим "Вставка/Замещение" изменяется на противоположный нажатием клавиши INSERT на клавиатуре и сохраняется на диске в файле конфигурации KAD300.CFG (см. Режим "Конфигурация"). Маркер можно перемещать по строке с помощью клавиш "↑", "↓", HOME, END соответственно влево, вправо, в начало строки и в конец строки. При вводе букв строчные буквы автоматически заменяются на прописные. Переключение на латинский регистр и обратно осуществляется нажатием правой клавиши Ctrl на клавиатуре. Завершается корректировка строки нажатием клавиши ENTER.

После того, как все необходимые параметры транспортного средства откорректированы, повторным нажатием клавиши "F4" производится выход из режима корректировки.

Откорректированные вышеописанным способом технические характеристики могут быть сохранены в библиотеке транспортных средств на магнитном диске. Для этого после проведения всех корректировок, но до выхода из режима корректировки, т.е. при утопленной клавише "F4", сле-

дует нажать клавишу «F5». Над ней появляется меню: "Запись/Удаление", из которого выбирается нужная команда. Если марка или модель автомобиля были изменены при корректировке, то в библиотеку записывается новая модель, иначе записываются изменённые значения технических характеристик модели, уже имеющейся в библиотеке.

Режим "Сводка"

Предназначен для вывода результатов диагностики двигателя транспортного средства на экран монитора и на печатающее устройство, а также для записи результатов в базу данных.

При входе в режим на экране отображается первая страница результатов диагностики.

В нижней части экрана расположено меню с шестью функциональными клавишами, назначение которых и нанесенные на них условные обозначения приведены в табл. 1.7.

Сводка содержит результаты диагностирования двигателя в различных режимах, а также сведения о владельце транспортного средства и гос. номер.

Для ввода наименования владельца и гос. номера транспортного средства следует нажать клавишу F4. Установив появившуюся желтую рамку-выделение с помощью клавиш "↑", "↓" в нужное место, нажать клавишу ENTER и ввести с клавиатуры требуемое значение. Переход к просмотру последующей страницы и обратно осуществляется с помощью клавиши "F3" нижнего меню.

Т а б л и ц а 1 . 7

Обозначение клавиш нижнего меню

Обозначение клавиши НМ	Команда НМ	Назначение
1	2	3
F1 ?	Справка	Аналогично использованию в рабочих режимах Просмотр данных в окне справки осуществляется при помощи клавиш «↑» и «↓»
F2	Следующая страница	При работе со списком выбора или многостраничным документом осуществляет вывод на экран следующей страницы
F3	Предыдущая страница	При работе со списком выбора или многостраничным документом осуществляет вывод на экран предыдущей страницы
F4	Ввод государственного номера	Нажатие данной клавиши позволяет ввести государственный номер транспортного средства и сведения о владельце
F5	Печать	Печатает краткую или полную сводку
Esc	Выход из режима	При нажатии происходит прекращение выполнения текущей операции и возврат к предыдущей

Отображаемая на экране сводка может быть отпечатана на бумаге. Для этого нужно нажать клавишу "F5" нижнего меню. Над клавишей появится меню "Краткая/Полная", из которого с помощью клавиш "↑", "↓" и ENTER выбирается требуемый вариант печати сводки.

Выход из подрежима производится нажатием клавиши "Esc", при этом на экране появляется диалоговая панель с запросом "Записать в базу данных" и две кнопки ответов "Да" и "Нет". Выбор требуемого варианта ответа производится клавишами "→", "←" и ENTER.

Режим "База данных"

Предназначен для поиска в базе данных результатов диагностики двигателя автотранспортных средств, просмотра их на экране, а также печати сводки на бумаге с помощью печатающего устройства. Возможно также удаление записей из базы данных.

Записи базы данных хранятся в файлах по годам, которые соответственно указываются в названиях файлов (например, KAD3997.DAT, KAD1998.DAT).

При входе в режим на экран выводится перечень ключевых реквизитов, по которым возможен отбор информации из базы данных. Поиск возможен по следующим реквизитам:

- владелец;
- марка;
- модель;
- гос. номер;
- дата диагностирования.

При поиске в базе данных можно задавать одновременно любые из перечисленных выше реквизитов. Вели реквизит задан, то при поиске происходит его сравнение с соответствующей строкой записи в базе данных. При несовпадении хотя бы одного из заданных реквизитов запись из базы данных не включается в список найденных. Если не задать, ни одного реквизита, будут отобраны все записи базы данных.

Для ввода значения реквизита клавишами "↑", "↓" и ENTER выбирается нужное поле и устанавливается режим ввода строки.

Закончив ввод реквизитов поиска, необходимо нажать клавишу "F4| Поиск" в нижнем меню. Через несколько секунд на экране появится окно, содержащее список найденных записей в базе данных, а в нижней части экрана будет указано число найденных в соответствии с запросом записей и общее количество записей в базе данных. С помощью клавиш "↑", "↓", "F2", "F3" и ENTER выбирают необходимую строку в списке найденных и переходят в режим просмотра результатов диагностики. В режиме просмотра следует руководствоваться п.п. 2.3.13 режима "Сводка".

Удаление записи из базы данных производится путём выбора её то списка найденных с помощью клавиш "↑", "↓", команд НМ "F2", "F3" и последующего нажатия клавиши "F5 "

Выход из подрежима производится нажатием клавиши "Esc".

Режим "Конфигурация"

предназначен для установки и запоминания на магнитном диске информации пользователя комплекса, которая используется в рабочих режимах и при выводе результатов.

Предусмотрено сохранение следующих данных:

- владелец комплекса;
- тип бумаги, используемой для печати сводки (рулонная или листовая);

При входе в режим на экране отображается текущее состояние перечисленных параметров. Для их изменения нужно, используя клавиши "↑", "↓" переместить рамку на строку, подлежащую корректировке, и нажать клавишу ENTER. Далее руководствоваться п.п. 2.3.2.

Кроме выше перечисленных в файле конфигурации также сохраняется информация о номере выбранного списка автомобилей в режиме «Ввод данных» и режим "Вставка/Замещение" символов, используемый при вводе строки и изменяемый с помощью клавиши INSERT клавиатуры.

Для сохранения изменённых данных конфигурации в файле КАД300.CFG на магнитном диске необходимо нажать клавишу "F5" нижнего меню.

1.10. Подготовка комплекса к работе

1. Установите комплекс в рабочее положение на посту диагностики. Затормозите передние колеса фиксаторами.

2. Перед включением комплекса проведите его осмотр и проверьте надежность крепления:

- датчиков;
- электрических проводников, разъемов и их сочленений;
- заземления.

Проверьте подключение к разъемам стрелы необходимых для работы присоединительных жгутов и датчиков комплекса, в случае необходимости подключите их.

Печатающее устройство должно быть обеспечено бумагой для печатающих устройств листами формата А4 или рулонной бумагой шириной не менее 210 мм.

Подключите сетевой кабель к сети питания – 220 В.

1.11. Подготовка к диагностике автомобиля

Для подключения комплекса к проверяемому автомобилю необходимо присоединить пружинные зажимы и накладные датчики прибора к соответствующим точкам автомобиля (рис. 1.19).

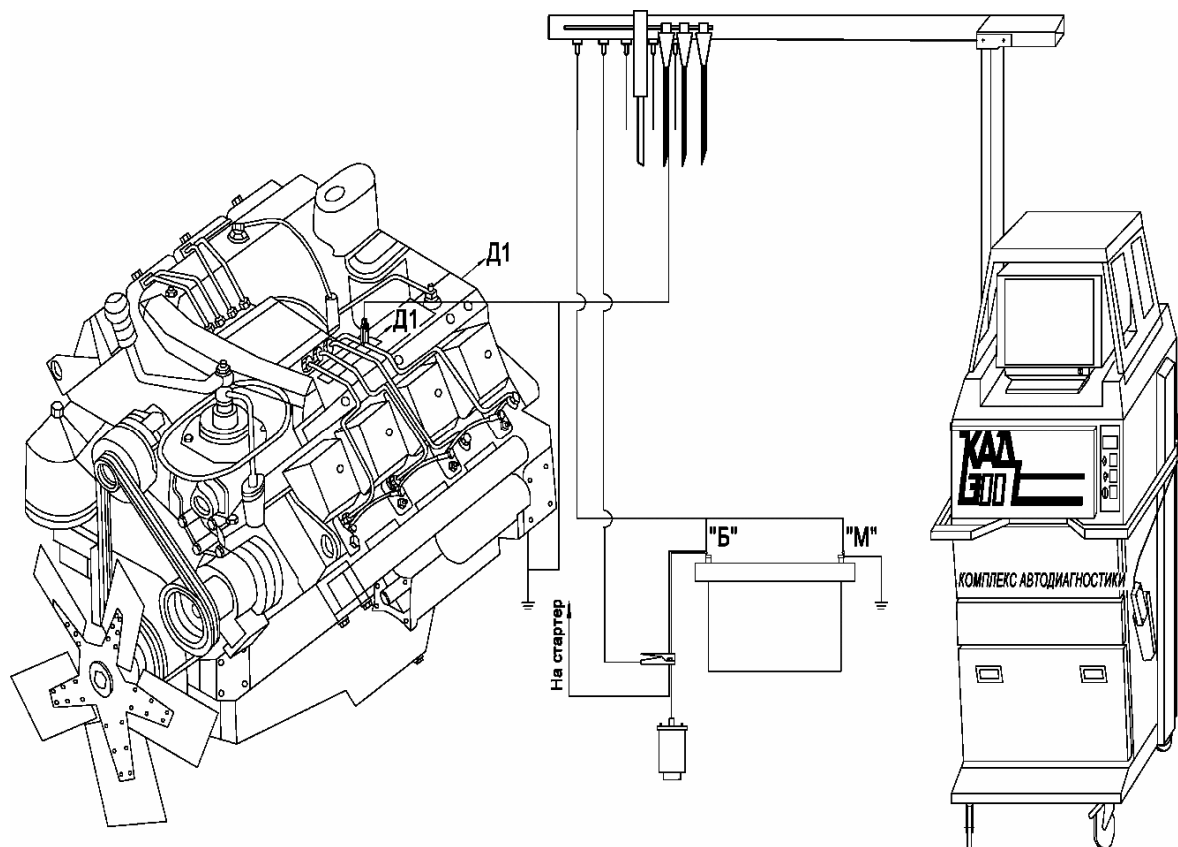


Рис. 1.19. Подключение комплекса КАД300 к диагностируемому автомобилю

Зажимы жгута омметра 6 присоединяются только при необходимости измерения сопротивления, в режиме "Омметр".

Кабель 7 датчика давления 8 используется для автомобилей с дизельными двигателями. Перед подключением проверить чистоту чувствительных пластин накладного датчика давления. При необходимости протереть их мягкой тряпкой. Выбрать на топливопроводе первого цилиндра прямой участок длиной 20 мм на расстоянии 30–50 мм от накидной гайки штуцера топливного насоса высокого давления (ТНВД) и подготовить поверхность электрического контакта с чувствительными пластинами датчика. Если поверхность не повреждена, протереть насухо место установки датчика. Задиры, заусеницы, царапины, ржавчину и другие повреждения поверхности зачистить мелкой наждачной шкуркой и протереть мягкой тряпкой. Лакированную поверхность очистить с помощью растворителя.

Установить датчик давления на топливопровод таким образом, чтобы плоскость разъема датчика совпадала с плоскостью ближайшего изгиба

топливопровода. Закрепить датчик с помощью скобы. После закрепления датчика не допускается передвигать его и поворачивать вокруг топливопровода. Подключить к датчику кабель. Зажим "М" кабеля прикрепить к накидной гайке топливопровода, на котором установлен датчик.

1.12. Первичное подключение и опробование комплекса

Первичное включение и опробование комплекса выполняется:

- после монтажа;
- после ремонта и перемонтажа;
- после выполнения регулировочных работ;
- при проведении первичной поверки;
- после длительных перерывов в работе.

Проведите перед использованием комплекса проверку правильности работы всех устройств в соответствии с их назначением способом пробного испытания автомобиля:

- Включите комплекс, дайте прогреться в течении 15 мин.
- Подготовьте к работе и установите рядом с комплексом автомобиль с исправным карбюраторным двигателем и электрооборудованием.
- При необходимости перезапустите рабочую программу.
- Далее проводить испытания по изложенной методике, выполнив все измерительные режимы.

Для получения результатов диагностирования включите режим "Сводка" и выведите сводку на печать.

1.13. Диагностирование дизельного двигателя

Перед диагностированием установить диагностируемое автотранспортное средство на исходную позицию, в непосредственной близости от комплекса. Заглушить двигатель. Подключить разъемы, зажимы и датчики комплекса. Произвести ввод данных о диагностируемом автомобиле в соответствии. После правильно выполненного ввода данных прибор переходит в меню "Измерительные режимы". Переход в режимы осуществляется оператором.

Проверка аккумуляторной батареи

Вызвать режим измерений "Батарея".

Включить на автомобиле ближний или дальний свет. Произвести отчет показаний напряжения и тока. Если показания со знаком "+", датчик тока следует перевернуть.

Напряжение на батарее при отсутствии тока должно быть не ниже 12,5 (25) В. Включить габаритные огни. Напряжение батареи должно быть несколько ниже значения, измеренного ранее, но не ниже 12 (24) В, при этом ток разряда 3-5 А.

Если напряжение ниже 12 (24) В, то батарея разряжена или неисправна. Окончательное заключение о техническом состоянии аккумуляторной батареи делается по результатам диагностирования при пуске двигателя.

Выключить подачу топлива для предотвращения запуска двигателя, включить стартер на 10–15 с. Произвести отсчет показаний напряжения и тока.

Напряжение аккумуляторной батареи при пуске двигателя должно быть не менее 9 (18) В.

Пониженное напряжение батареи является признаком ее разряженности или неисправности. Если при этом напряжение заряда нормальное, то вернее всего батарея неисправна. Однако такая ситуация возможна и при исправной батарее в случае утечки тока или при перерасходе электроэнергии.

Пониженное напряжение при пуске двигателя может быть также следствием потребления стартером чрезмерно большого тока или плохого контакта выводов аккумуляторной батареи с наконечником силовых проводов (если зажимы прибора подключены к наконечникам). Для уточнения подключите зажимы прибора непосредственно к выводам батареи и повторите проверку в режиме пуска. Если напряжение повысится, то состояние контактных соединений неудовлетворительное.

Пусковой ток не должен численно превышать значения 2,5 емкости батареи.

Проверка и регулировка минимальной частоты вращения

Включить режим "Опережение".

Запустить двигатель, установить минимальную частоту вращения, снять показания комплекса. Нормативные значения минимальной частоты вращения приведены в библиотеке транспортных средств комплекса.

Последовательность регулировки двигателей ЯМЗ:

- вывернуть корпус буферной пружины на 2-3 мм;
- отворачивая болт ограничения минимальной частоты вращения, уменьшить частоту до появления небольших колебаний;
- ввертывая корпус буферной пружины, увеличить частоту вращения до устойчивой работы двигателя.

Если колебания частоты вращения не устраняются и превышают 50 об/мин, то регулятор неисправен.

Регулировка двигателей КамАЗ-740, 7403 производится только болтом ограничения минимальной частоты вращения. Если при вывинчивании

болта частота вращения не уменьшается, необходимо отрегулировать тяги привода управления регулятором.

Проверка и регулировка установочного угла опережения впрыска

На автомобиле КрАЗ-260 перед диагностированием снять защитный экран картера двигателя и радиатора водяного охлаждения. Для доступа к контрольным меткам у двигателей ЯМЗ-240М (240) и его модификаций снять крышку люка картера маховика, у двигателей ЯМЗ-236М, 238М (236, 238) и их модификаций очистить от загрязнений шкалу на крышке распределительных шестерен. У двигателей автомобилей КамАЗ зафиксировать коленчатый вал на такте сжатия при помощи фиксатора и нанести зубилом риски на корпусе гидромуфты привода вентилятора и шкиве коленвала.

Включить режим "Опережение".

Установить минимальную частоту вращения и включить осветитель. Повернуть регулятор осветителя в положение минимальных показаний прибора и осветить контрольные метки на двигателе:

ЯМЗ-240 – шкала на маховике и указатель на картере маховика, метка на шкиве коленвала;

ЯМЗ-240 – шкала на маховике и указатель на картере маховика (снять крышку люка);

КамАЗ-740, 7403 – нанести риски на корпусе гидромуфты привода вентилятора и шкиве коленчатого вала, как указано выше.

В случае шкалы за контрольную метку принимается отметка шкалы, соответствующая нормативному значению установочного угла опережения впрыска.

Вследствие стробоскопического эффекта вращающаяся метка будет казаться неподвижной. Вращением рукоятки осветителя совместить подвижную и неподвижную метки. Читать значения угла опережения впрыска с монитора. Сравнить его с нормативным значением приведенным в библиотеке транспортных средств. При необходимости провести его регулировку.

Последовательность регулировки угла опережения:

- ослабить крепление полумуфты привода топливного насоса;
- повернуть автоматическую муфту с фланцем относительно полумуфты на требуемый угол (при повороте по направлению вращения угол опережения увеличивается и наоборот). Цена деления шкалы на ведомой полумуфте соответствует 4° по коленчатому валу двигателя. После регулировки необходимо повторить проверку. Продолжительность непрерывной работы осветителя не должна превышать 10 мин, а время перерыва до повторного включения – не менее 10 мин.

1.14. Проверка напряжения заряда аккумуляторной батареи

Включить режим "Батарея"

Установить датчик тока на провод, присоединенный к выводу "+" генератора. Установить частоту вращения равной половине значения, соответствующего режиму номинальной мощности согласно таблице 13. Если в инструкции по эксплуатации автомобиля (двигателя) нет других указаний, то проверку напряжения заряда следует производить при токе нагрузки, равном половине номинального. Установить необходимый ток включением потребителей автомобиля (дальний свет и др.). Если перед значением тока индицируется знак "-", перевернуть датчик тока. Если при отключенных потребителях ток нагрузки больше необходимого, дать поработать двигателю 10 мин для уменьшения и стабилизации зарядного тока.

После установления необходимого тока снять показания по напряжению на батарее, которые должны быть в пределах, приведенных в табл. 1.8.

Т а б л и ц а 1 . 8

Напряжение заряда батареи

	Бортовая сеть 24 В	Бортовая сеть 12 В
Холодный климат	29–31	14.5–15.5
Холодный климат летом	27–29	13.5–14.5
Умеренный климат	27–29	13.5–14.5
Теплый климат	26–28	13–14

Если напряжение заряда выше нормы, то возможны следующие неисправности:

- плохой контакт в цепи от "+" генератора до регулятора напряжения;
- плохой контакт корпуса регулятора с кузовом регулятора;
- неисправен регулятор,
- регулятор отрегулирован на высокое напряжение.

Если ниже нормы:

- ослаблен приводной ремень генератора;
- плохой контакт в соединениях;
- неисправен регулятор;
- регулятор отрегулирован на низкое напряжение;
- неисправен генератор.

Вибрационные регуляторы (РР127, РР363) допускают регулировку напряжения, которая производится изменением напряжения пружины путем подгибания хвостовика. При увеличении натяжения пружины напряжение увеличивается, и наоборот. Хвостовик находится под напряжением, поэтому при подгибании необходимо соблюдать осторожность во избежа-

ние короткого замыкания. После установки крышки регулятора напряжение может изменяться, поэтому необходимо повторить проверку.

Пульсации тока батареи могут быть выведены на экран по нажатию клавиши (кнопки ПДУ) "F4" (F4).

Осциллограммы тока и соответствующие им характерные неисправности аналогичны приведенным выше для бензиновых двигателей.

1.15. Проверка зарядной цепи дизельных двигателей

Включить режим "Батарея".

Последовательно присоединять зажимы "М" и "Б" к элементам зарядной цепи и измерять из потенциал относительно "массы".

Падение напряжения (разность потенциалов) в зарядной цепи должно быть не более:

"+" генератора – "+" ("В") регулятора	0,3 В;
корпус регулятора – кузов автомобиля	0,1 В;
"+" генератора – "+" батареи	0,8 В;
"Ш" генератора – "Ш" регулятора	0,1 В;
корпус ("М") генератора – "-" батареи	0,1 В.

Если больше, то необходимо проверить неисправную цепь по участкам.

1.16. Проверка автоматической муфты опережения впрыска дизельных двигателей

Включить режим "Опережение".

Установить частоту вращения, соответствующую режиму номинальной мощности и измерить угол опережения впрыска. Определить приращение угла опережения по сравнению с углом на минимальной частоте вращения. Приращение угла опережения можно определить непосредственно по шкале на крышке распределительных шестерен (ЯМЗ-236, 238) или на маховике (ЯМЗ-240). Сравнить приращения с нормативными значениями, приведенными в библиотеке транспортных средств.

Если приращение меньше, то муфта неисправна.

1.17. Проверка и регулировка максимальной частоты вращения дизельных двигателей

Включить режим "Опережение".

При помощи педали управления подачей топлива установить максимальную частоту вращения, не превышая максимально допустимой величины.

При этом рычаг управления регулятором должен упираться в болт ограничения максимальной частоты вращения. При необходимости отрегулировать длину тяги рычага. Если рычаг упирается в болт ограничения, а максимальная частота вращения меньше нормативного значения, то регулировка частоты производится болтом ограничения. При вывертывании болта частота вращения увеличивается, и наоборот.

1.18. Наблюдение осциллограмм работы дизельных двигателей

1. Для наблюдения сигнала давления на экране монитора включить режим "Опережение". Нажать клавишу НМ F4. Для анализа сигнала использовать команды НМО СТОП-КАДР (F1), ЛУПА (F2), МАСШТАБ по вертикали (F4). МАСШТАБ по горизонтали (F5).

2. Определение неисправностей по характеру изменения давления топлива.

Перенести накладной датчик давления к штуцеру форсунки. Характерные осциллограммы давления топлива приведены на рис. 1.20–1.34 (двигатели семейства ЯМЗ) и рис. 1.35–1.48 (двигатели семейства КамАЗ). Для сравнения на осциллограммах с характерными неисправностями пунктиром изображены контрольные осциллограммы.

На рис. 1.20 и 1.21 приведены контрольные осциллограммы давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при холостом ходе и под нагрузкой. Буквами и цифрами на рисунках обозначены:

А – зона нарастания давления в топливопроводе;

В – зона впрыска топлива в цилиндр двигателя;

С – зона разгрузки топливопровода;

Д – зона колебательного процесса в топливопроводе после основного впрыска;

1 – момент открытия нагнетательного клапана;

2, 2' – колебание давления, вызванное открытием нагнетательного клапана;

3 – начало впрыска топлива

5 – максимальное давление впрыска;

6, 6', 7 – падение давления, вызванное посадкой нагнетательного клапана;

6 – конец впрыска и начало разгрузки топливопровода;

8 – конец разгрузки;

9, 10 – отраженные импульсы давления;

φ – продолжительность впрыска топлива;

φ_р – продолжительность давления топлива.

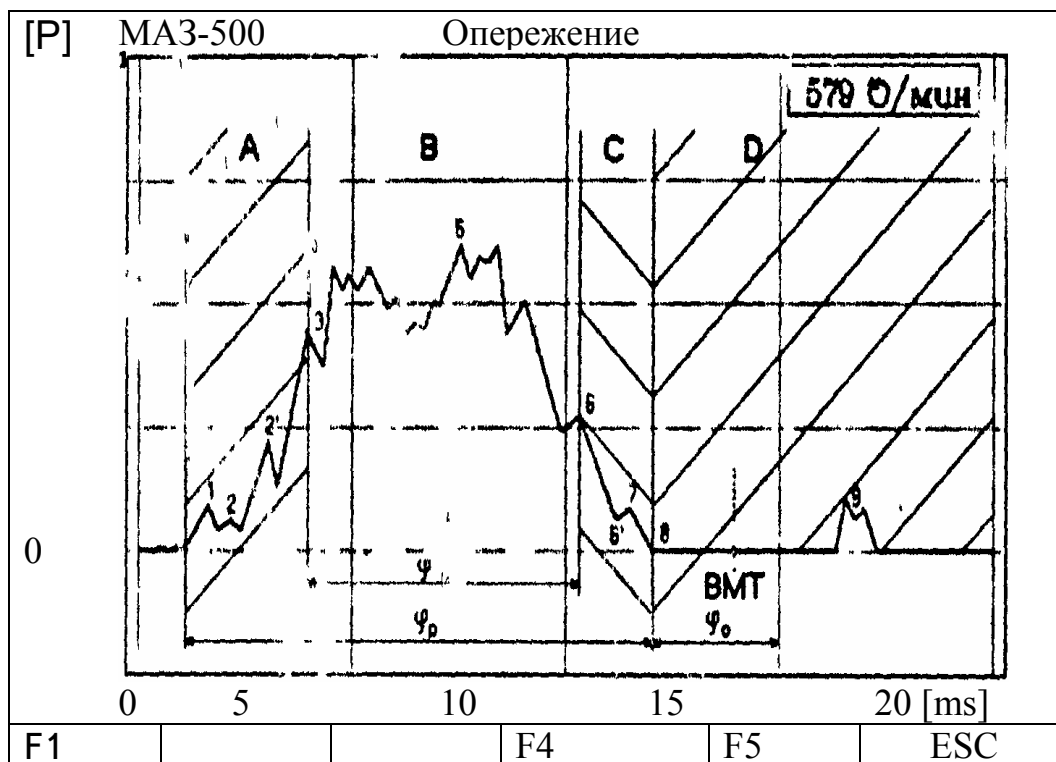


Рис. 1.20. Контрольная осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при холостом ходе

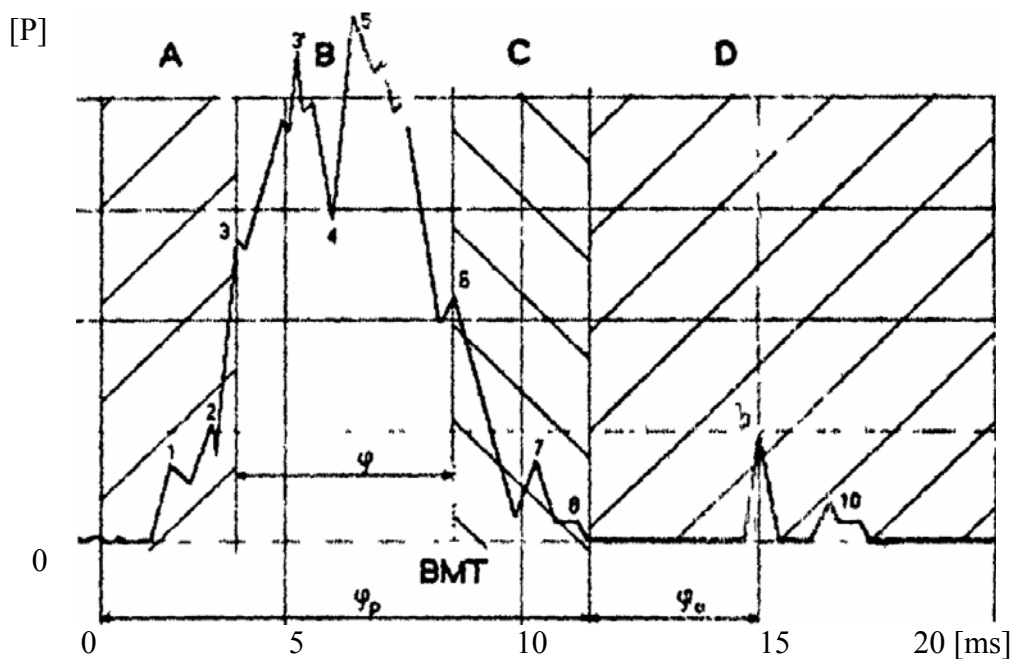


Рис. 1.21. Контрольная осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ под нагрузкой

На рис. 1.22 приведена осциллограмма, наблюдаемая при износе нагнетательного клапана (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин). На осциллограмме наблюдаются:

– появление остаточного давления перед зоной нарастания давления (зона А);

- в зоне колебательного процесса в топливопроводе (зона Д) появление волн остаточного давления увеличенной амплитуды и длительности;
- уменьшение величины нуля.

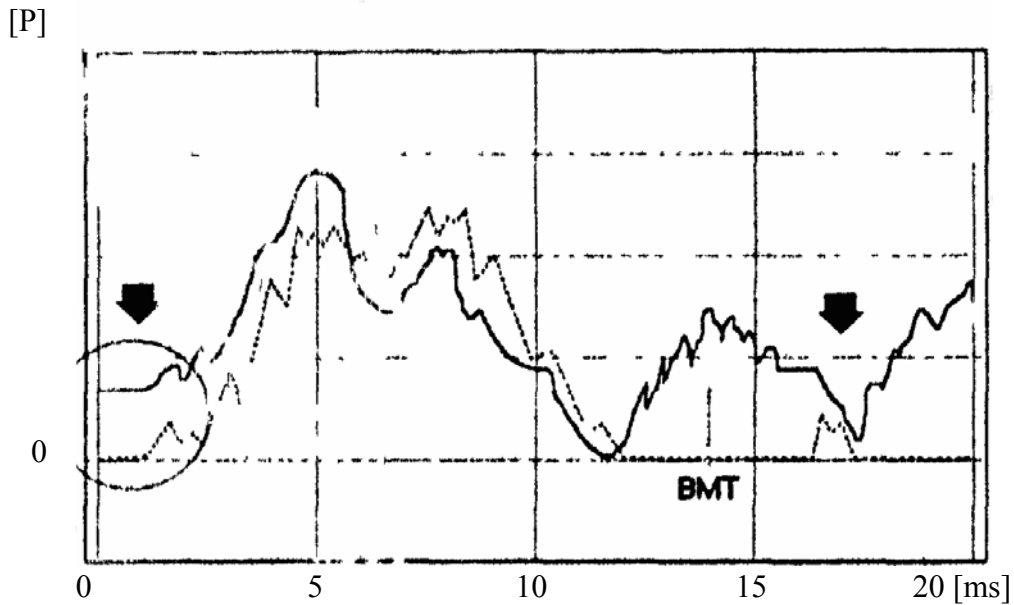


Рис. 1.22. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при износе нагнетательного клапана (режим – холостой ход)

На рис. 1.23 приведена осциллограмма, наблюдаемая при износе плунжерной пары (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин). На осциллограмме наблюдаются:

- пологая форма переднего фронта (зоны А и В);
- уменьшение максимального давления впрыска 5.

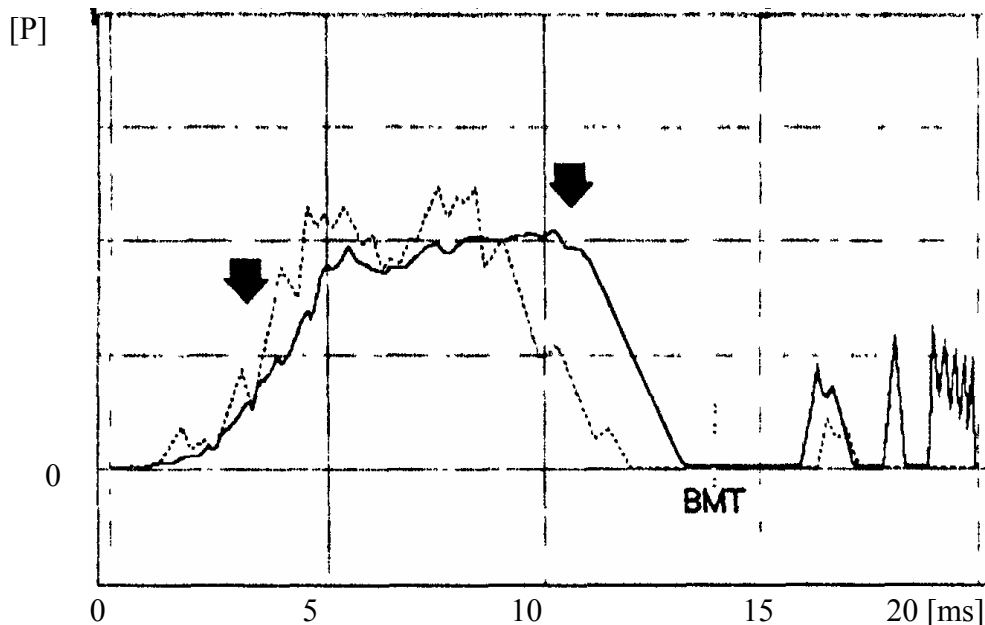


Рис. 1.23. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при износе плунжерной пары (режим – холостой ход)

На рис. 1.24 приведена осциллограмма, наблюдаемая при суммарном износе плунжерной пары и нагнетательного клапана (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин). На осциллограмме наблюдается:

- уменьшение амплитуды максимальных давлений впрыска топлива;
- появление остаточного давления перед зоной нарастания давления (зона А);
- появление после впрыска (зона Д) волн остаточного давления увеличенной длительности;
- уменьшение продолжительности давления топлива в топливопроводе Φ_p .

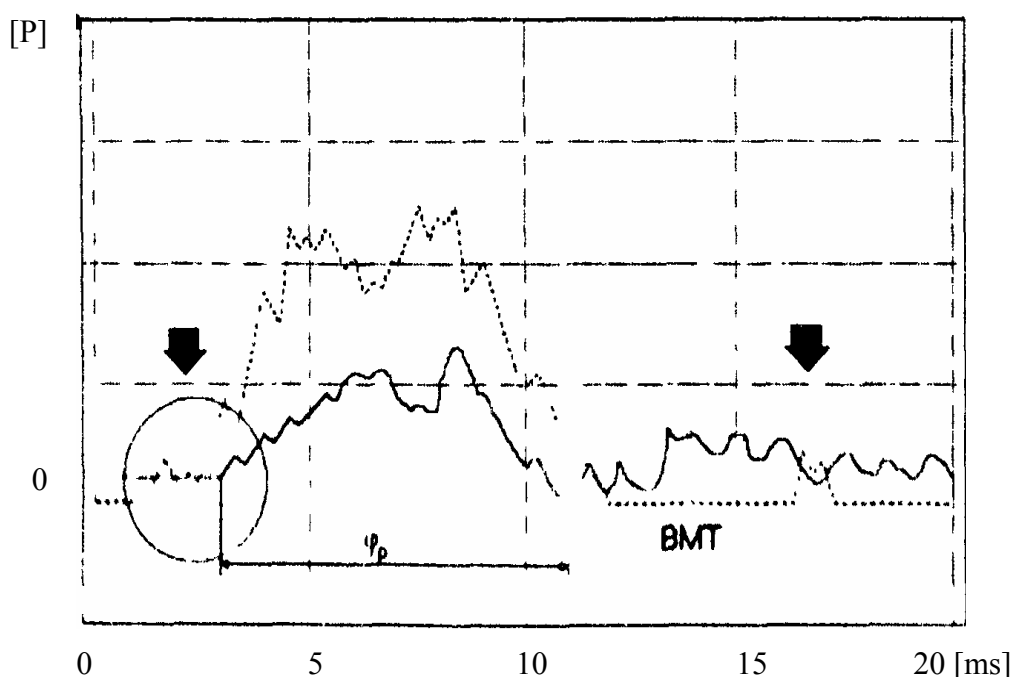


Рис. 1.24. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при износе плунжерной пары и нагнетательного клапана (режим – холостой ход)

На рис. 1.25 приведена осциллограмма, наблюдаемая при поломке пружины толкателя (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин). На осциллограмме наблюдаются:

- сглаживание переднего фронта осциллограммы давления топлива;
- появление импульсов остаточного давления после процесса впрыска (зона Д).

При поломке пружины нагнетательного клапана (рис. 1.26) на осциллограмме наблюдаются (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин):

- увеличение продолжительности давления топлива в топливопроводе – Φ_p ;
- появление волн остаточного давления после процесса впрыска топлива (зона А);
- сглаживание пиков на осциллограмме давления топлива.

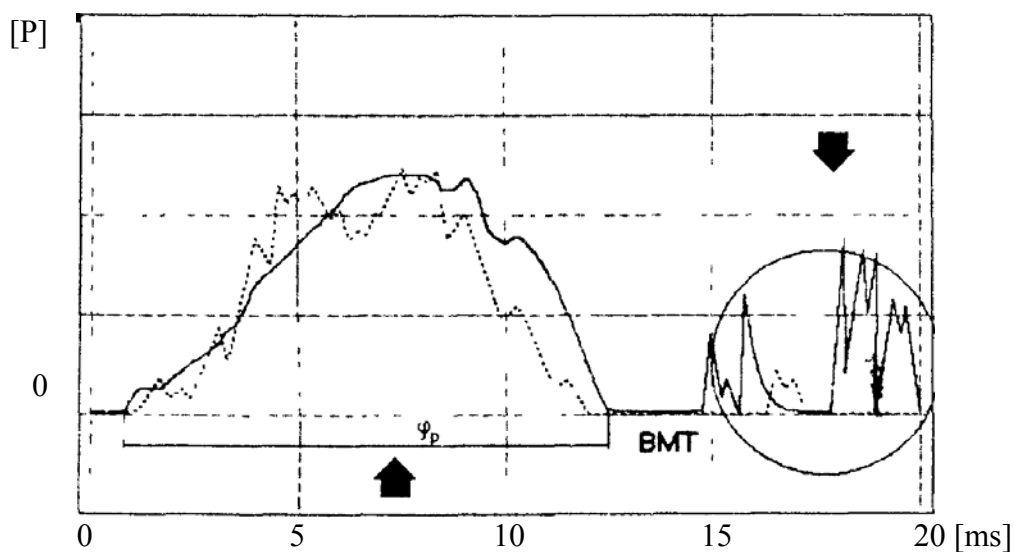


Рис. 1.25. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при поломке пружины толкателя (режим – холостой ход)

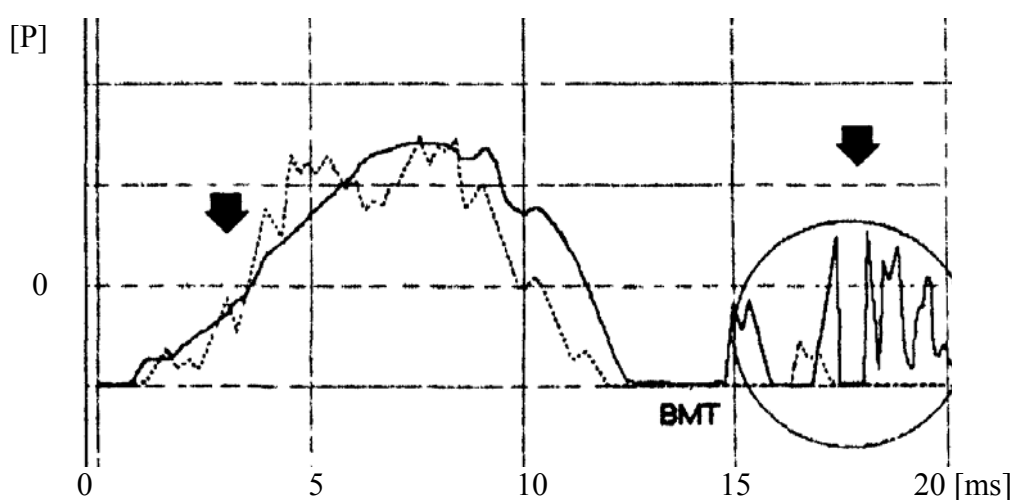


Рис. 1.26. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при поломке пружины нагнетательного клапана (режим – холостой ход)

Засорение, закоксование сопловых отверстий распылителя форсунки (рис. 1.27) дает следующие изменения на осциллограмме (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин):

- появление после впрыска импульсов остаточного давления, по амплитуде приближающихся к величине давления начала впрыска топлива;
- перед зоной нарастания давления (зона А) появление остаточного давления;
- появление после впрыска волн остаточного давления;
- сглаживание переднего фронта осциллограммы давления топлива.

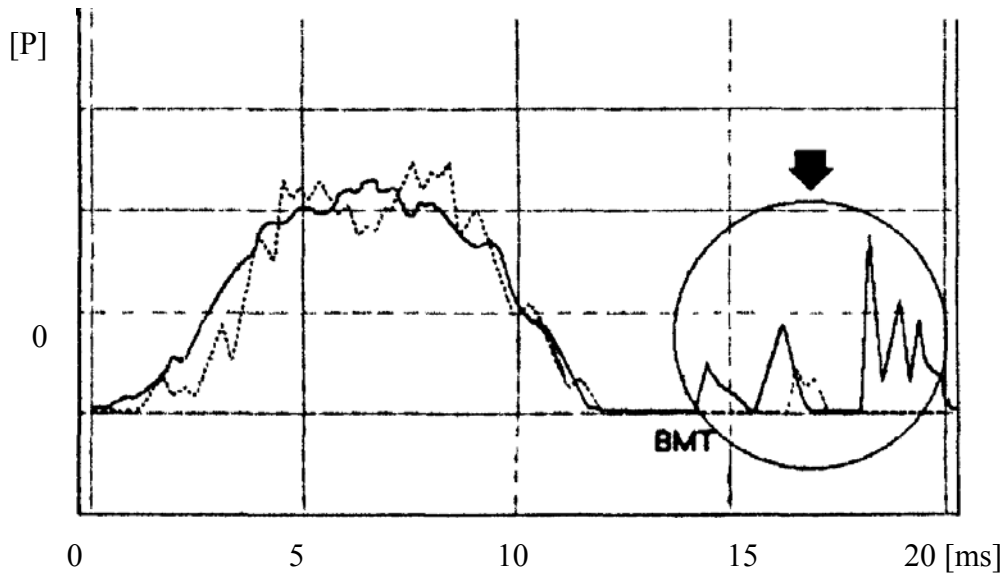


Рис. 1.27. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при засорении сопловых отверстий (режим – холостой ход)

Нарушение подвижности иглы распылителя (рис. 1.28) (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает:

- нестабильный характер осциллограммы;
- в зоне разгрузки топливопровода (зона С) пики давления имеют более низкие амплитуды.

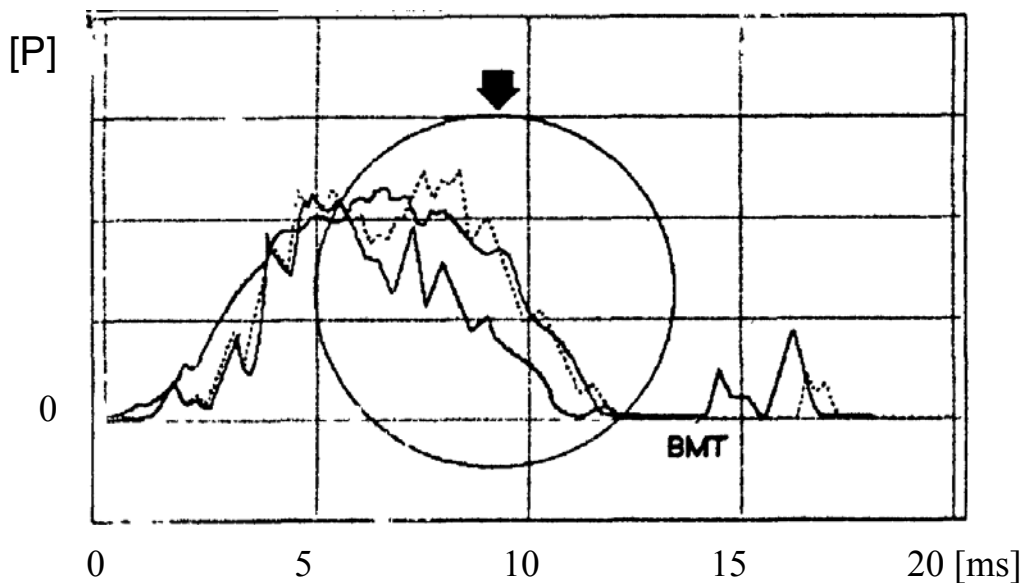


Рис. 1.28. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при нарушении подвижности иглы распылителя (режим – холостой ход)

Обрыв носика распылителя (рис. 1.29) дает появление дополнительных пиков давления на осциллограмме (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин).

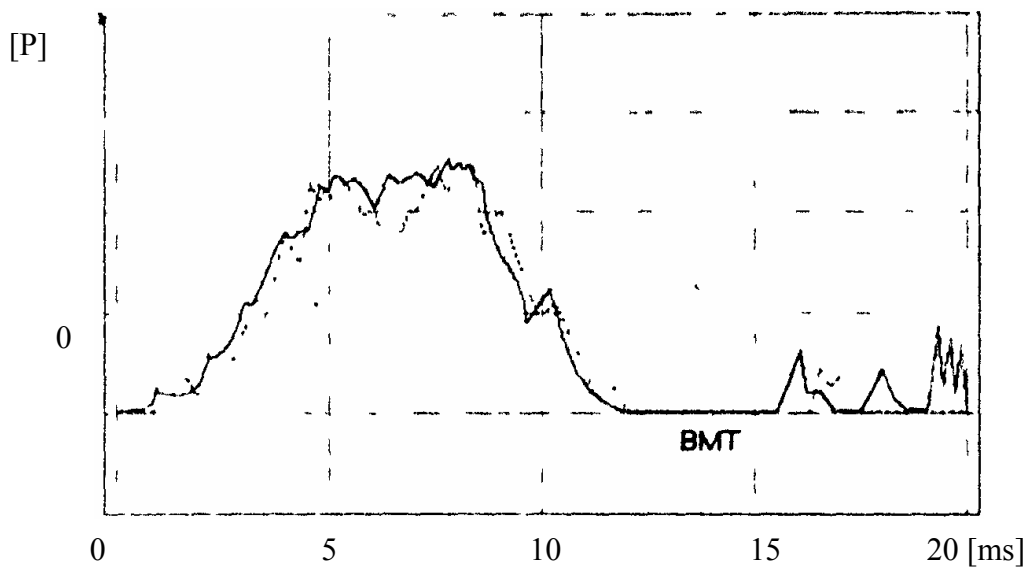


Рис. 1.29. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при обрыве носика распылителя (режим – холостой ход)

Негерметичность распылителя по запорному конусу (рис. 1.30) приводит к сглаживанию пиков на осциллограмме давления (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин).

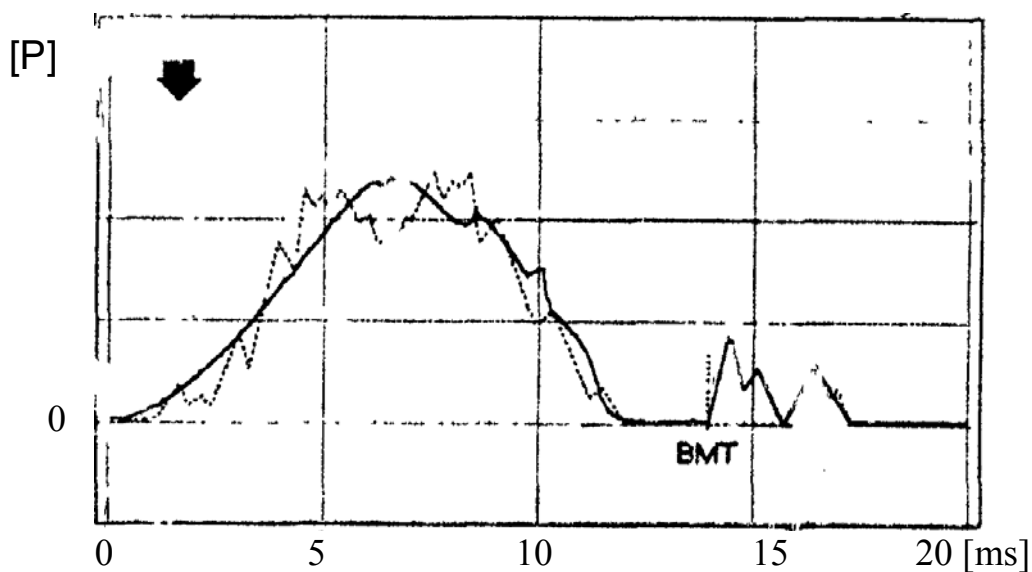


Рис. 1.30. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при негерметичности распылителя по запорному конусу (режим – холостой ход)

Увеличение пропускной способности распылителя форсунки (режим работы двигателя – 2100 об/мин, под нагрузкой) дает следующие изменения в осциллограмме (рис. 1.31):

- уменьшение в процессе впрыска топлива ϕ_0 ;

- в зоне нарастания давления (зона А) – появление дополнительных пиков увеличенной амплитуды;
- уменьшение амплитуд давлений в зоне разгрузки топливопровода (зона С).

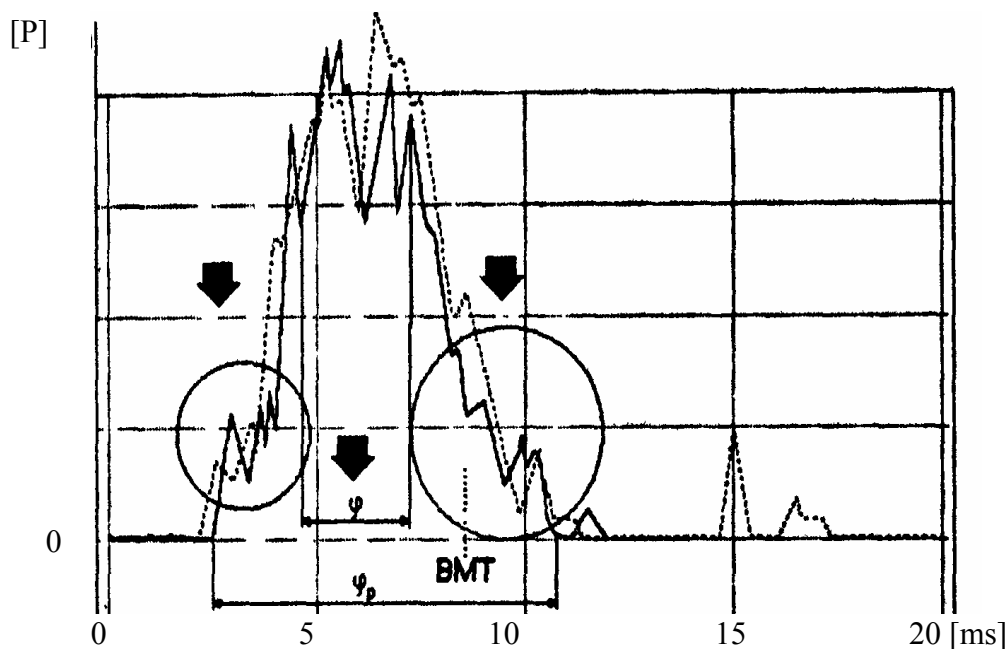


Рис. 1.31. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при увеличении пропускной способности распылителя форсунки (режим – под нагрузкой)

Уменьшение плотности распылителя форсунки (режим работы двигателя – под нагрузкой, 2100 об/мин) дает уменьшение амплитуд максимальных давлений в зоне впрыска топлива (зона В) (рис. 1.32).

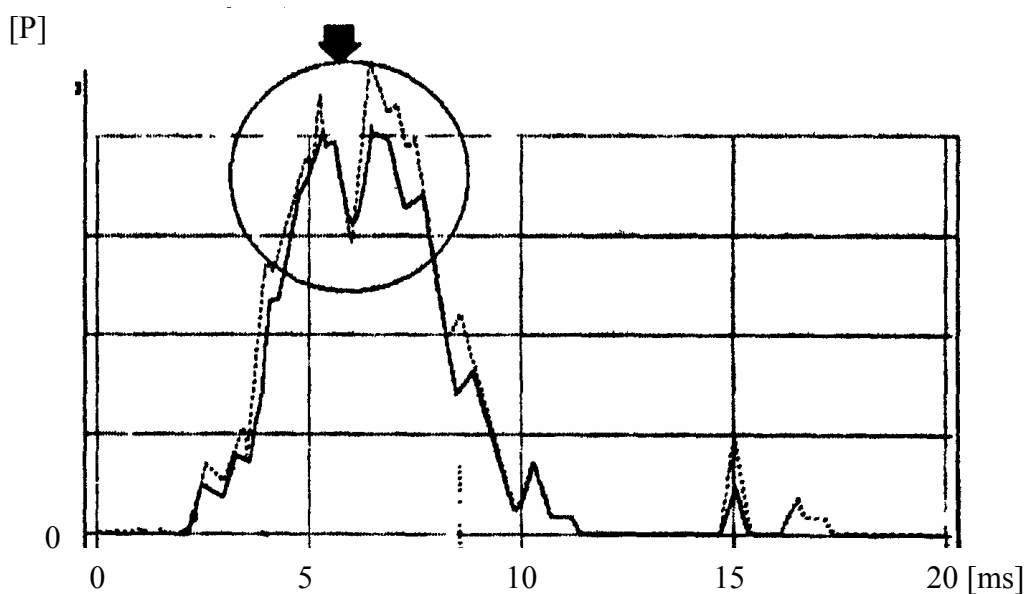


Рис. 1.32. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при уменьшении плотности распылителя форсунки (режим – под нагрузкой)

Увеличение давления начала подъема иглы распылителя форсунки (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает следующие изменения в осциллограмме (рис. 1.33):

- резкое уменьшение продолжительности впрыска φ ; отличие продолжительности давления φ_p ;
- резкое уменьшение амплитуды волн давления в зонах А и С.

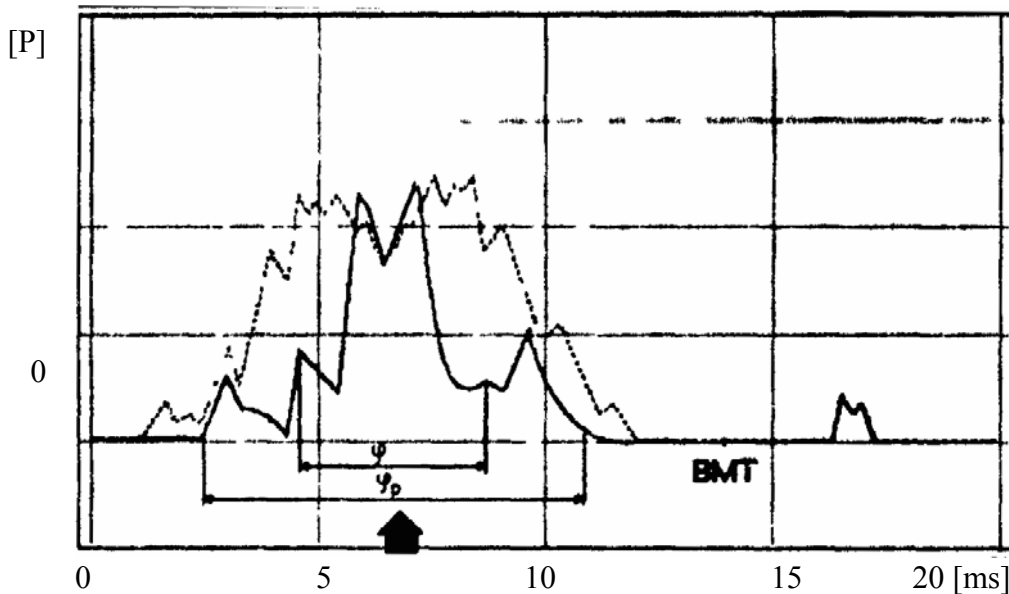


Рис. 1.33. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при увеличении давления начала подъема иглы распылителя форсунки (режим – холостой ход)

Увеличение давления начала впрыска топлива (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает (рис. 1.34) появление импульсов остаточного давления увеличенной амплитуды и продолжительности.

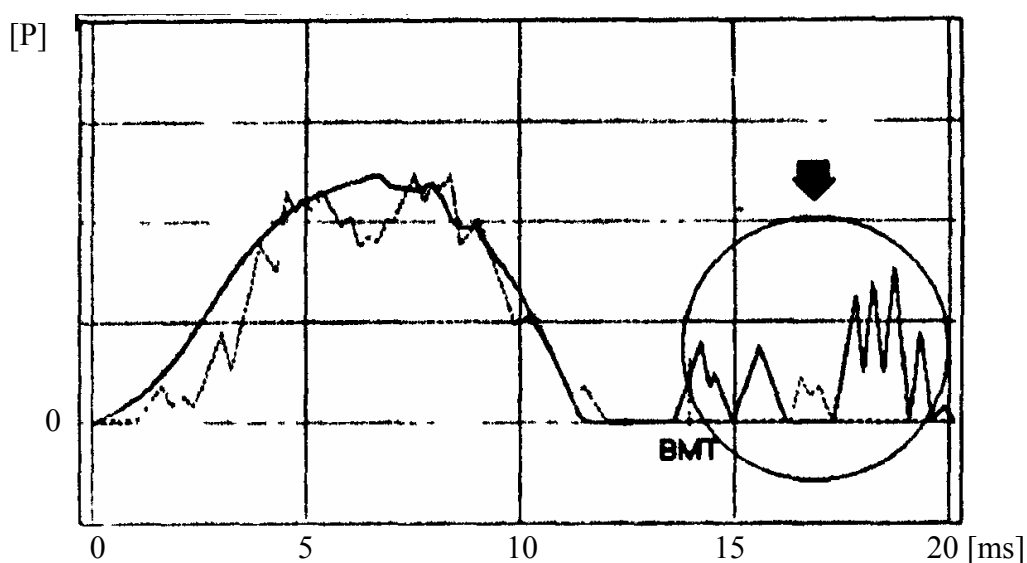


Рис. 1.34. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства ЯМЗ при увеличении давления начала впрыска топлива (режим – холостой ход)

На рис. 1.35 и 1.36 приведены контрольные осциллограммы давления топлива двигателей семейства КамАЗ при холостом ходе и под нагрузкой. Буквенно-цифровые обозначения на них аналогичны обозначениям на рис. 1.21 и 1.22.

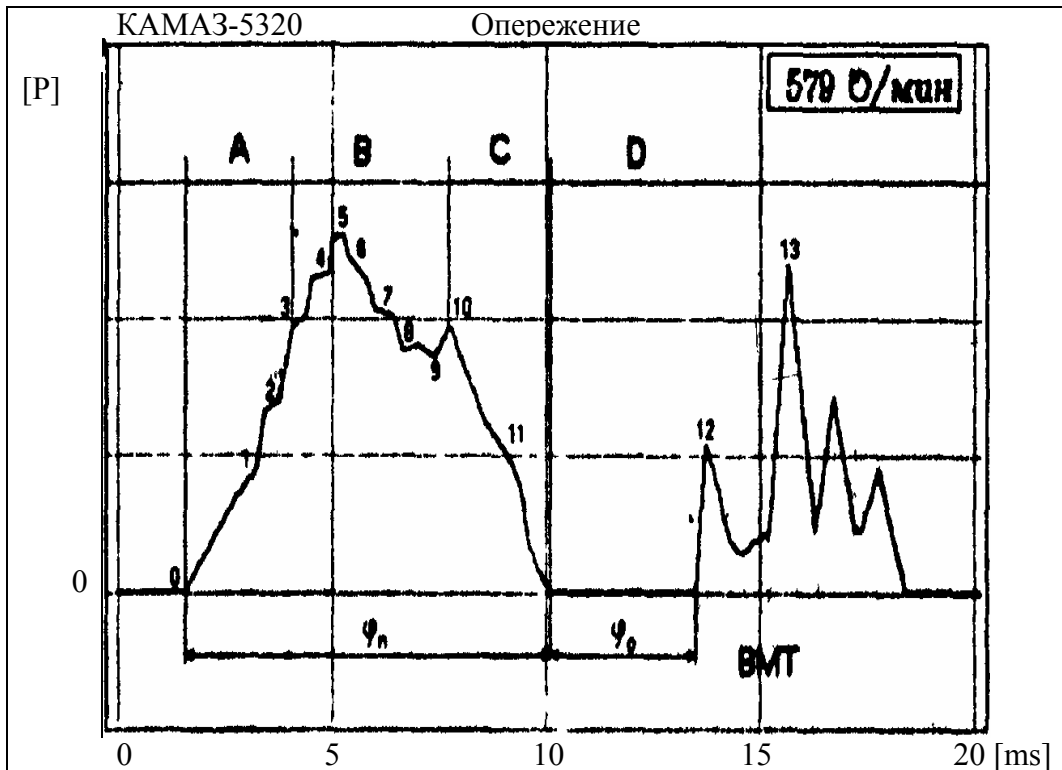


Рис. 1.35. Контрольная осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при холостом ходе

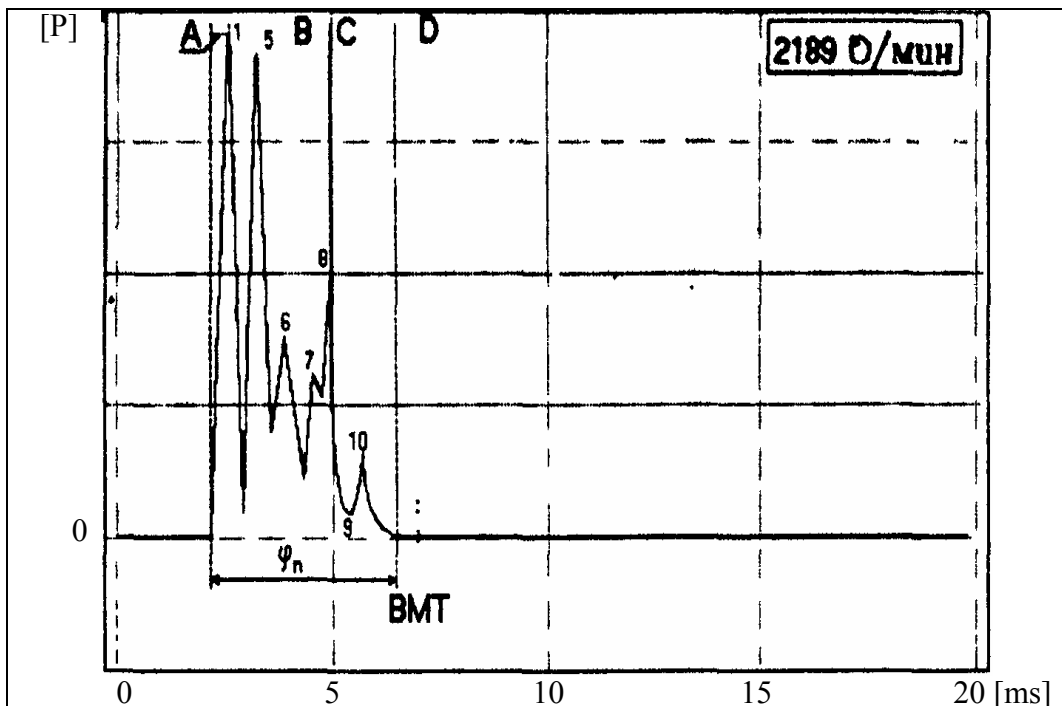


Рис. 1.36. Контрольная осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при холостом ходе и под нагрузкой

На рис. 1.37 приведена осциллограмма, наблюдаемая при износе нагнетательного клапана (режим работы двигателя – под нагрузкой, 2200 об/мин). На осциллограмме наблюдаются:

- уменьшение давления в точках 1, 5, 7, 8, 10;
- уменьшение скорости нарастания давления в зоне А;
- уменьшение скорости падения давления в зоне С;
- увеличение продолжительности подачи топлива φ_p .

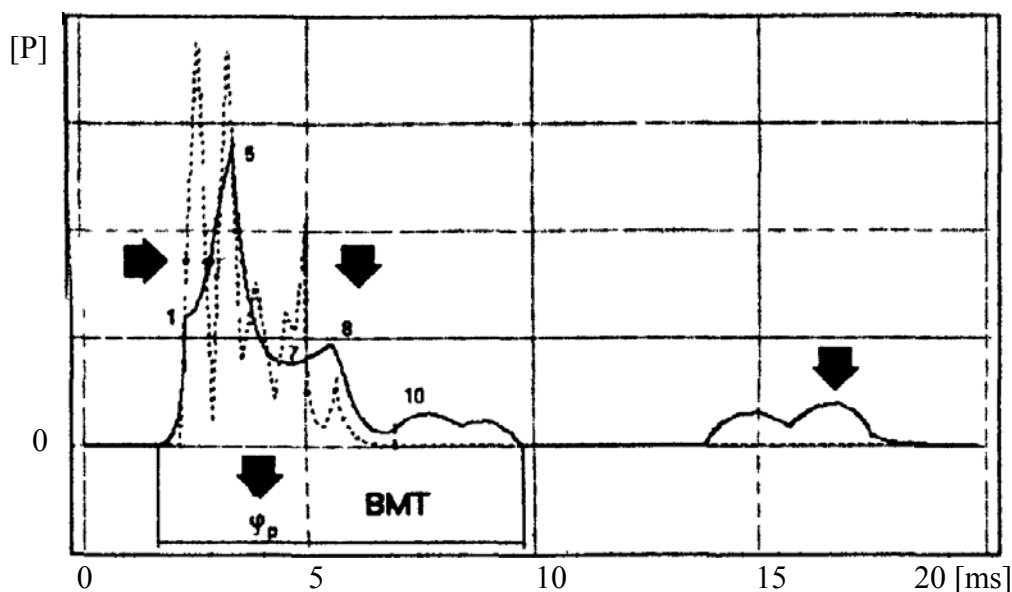


Рис. 1.37. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при износе нагнетательного клапана (режим – под нагрузкой)

Износ плунжерной пары (режим работы двигателя – под нагрузкой, 2200 об/мин) дает следующие характерные особенности осциллограммы (рис. 1.38):

- уменьшение давления в точках 1, 5, 8, 10;
- уменьшение скорости нарастания давления в зоне А;
- увеличение продолжительности подачи топлива φ_p ;
- существенное увеличение давления в точке 9.

Суммарный износ плунжерной пары и нагнетательного клапана (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает следующие характерные особенности осциллограммы (рис. 1.39):

- появление остаточного давления (точка О);
- сглаживание переднего фронта осциллограммы;
- уменьшение давления в точках 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11;
- уменьшение длительности φ_0 ;
- появление серии колебаний давления после впрыска (зона Д).

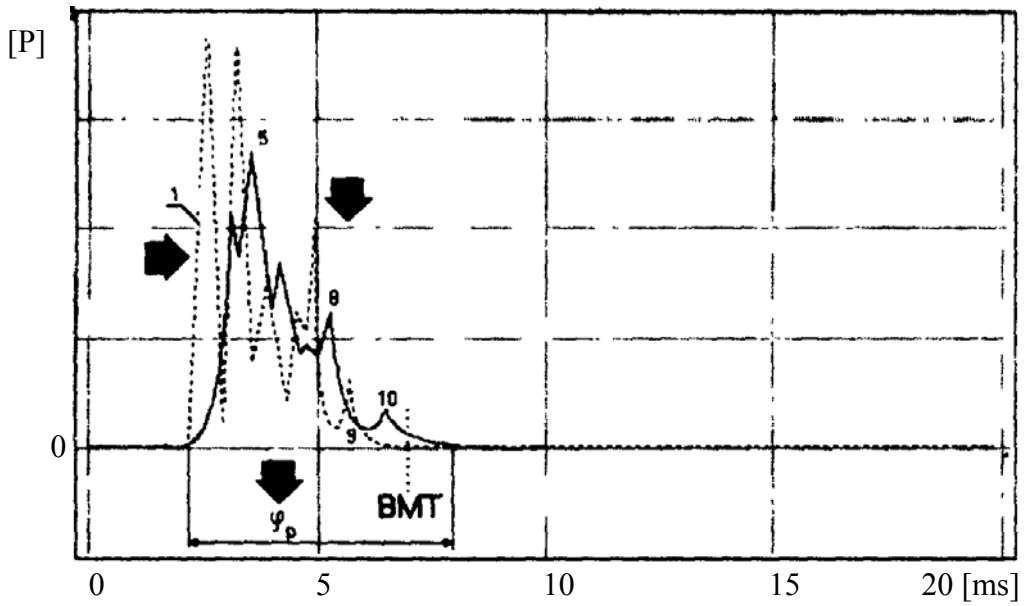


Рис. 1.38. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при износе плунжерной пары (режим – под нагрузкой)

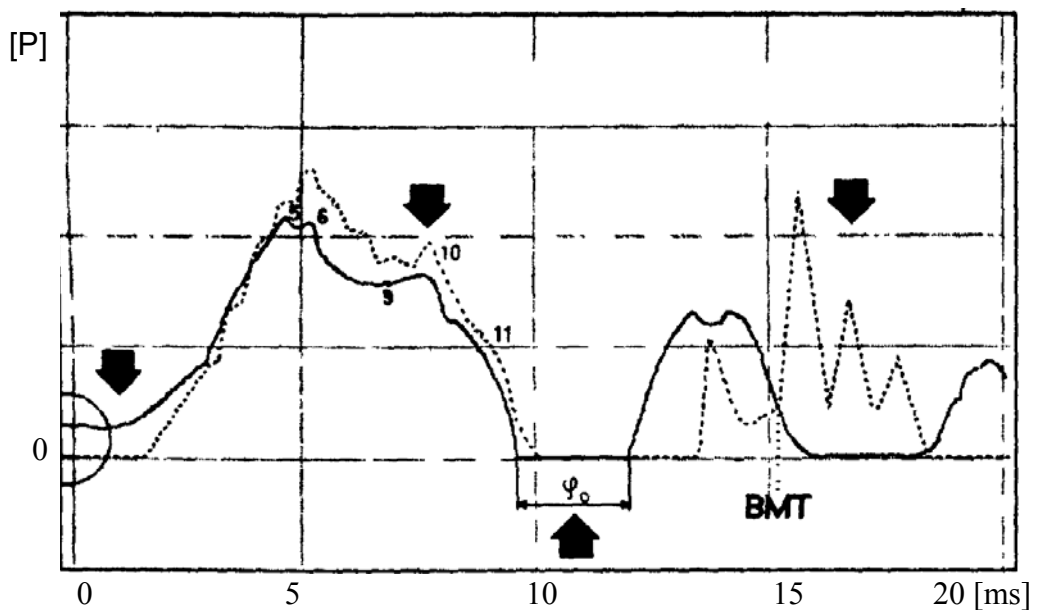


Рис. 1.39. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при износе плунжерной пары и нагнетательного клапана (режим – холостой ход)

Поломка пружины толкателя (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает уменьшение амплитуды колебания давления после впрыска (зона Д), точка 13 (рис. 1.40).

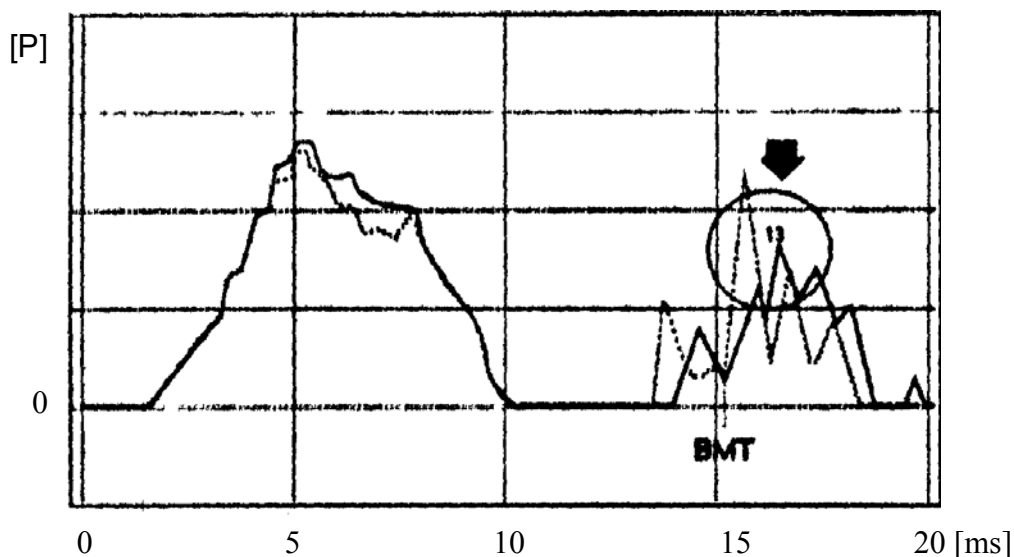


Рис. 1.40. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при поломке пружины толкателя (режим – холостой ход)

Поломка пружины нагнетательного клапана (режим работы двигателя – под нагрузкой, 2200 об/мин) дает следующие изменения давления на осциллограмме (рис. 1.41):

- уменьшение давления в точках 1, 5, 6, 7, 9, 10;
- уменьшение амплитуды колебания давления в процессе впрыска (точка 13);
- увеличение скорости падения давления на заднем фронте осциллограммы;
- увеличение фазы в точке 5.

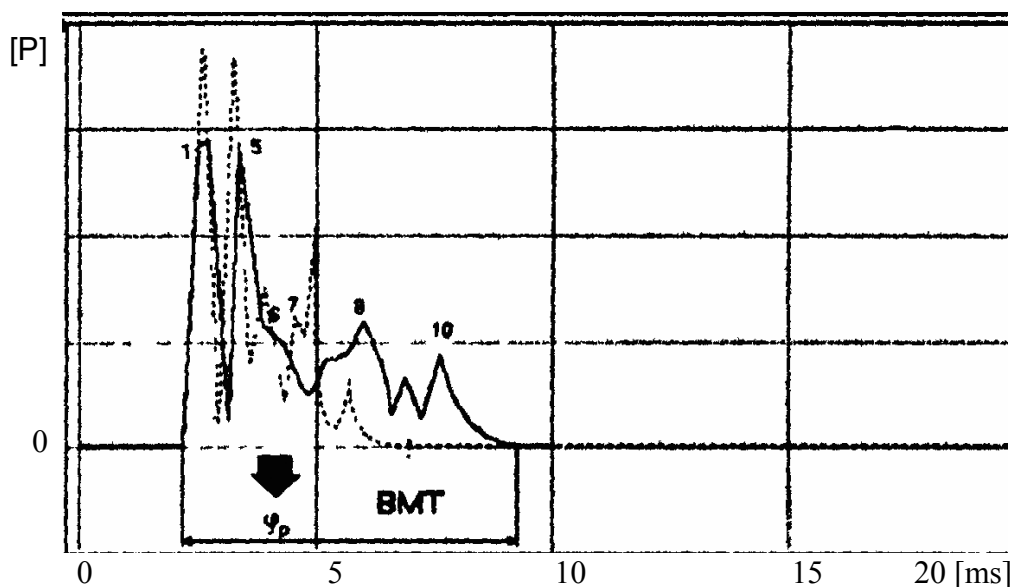


Рис. 1.41. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при поломке пружины нагнетательного клапана (режим – под нагрузкой)

Засорение, закоксовывание сопловых отверстий распылителя форсунки (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает (рис. 1.42):

- увеличение давлений в точках 1, 2, 3, 5, 6;
- увеличение длительности φ_0 ;
- уменьшение амплитуды колебания давления после впрыска (точка 13);
- увеличение скорости падения давления на заднем фронте осциллограммы;
- увеличение фазы в точке 5.

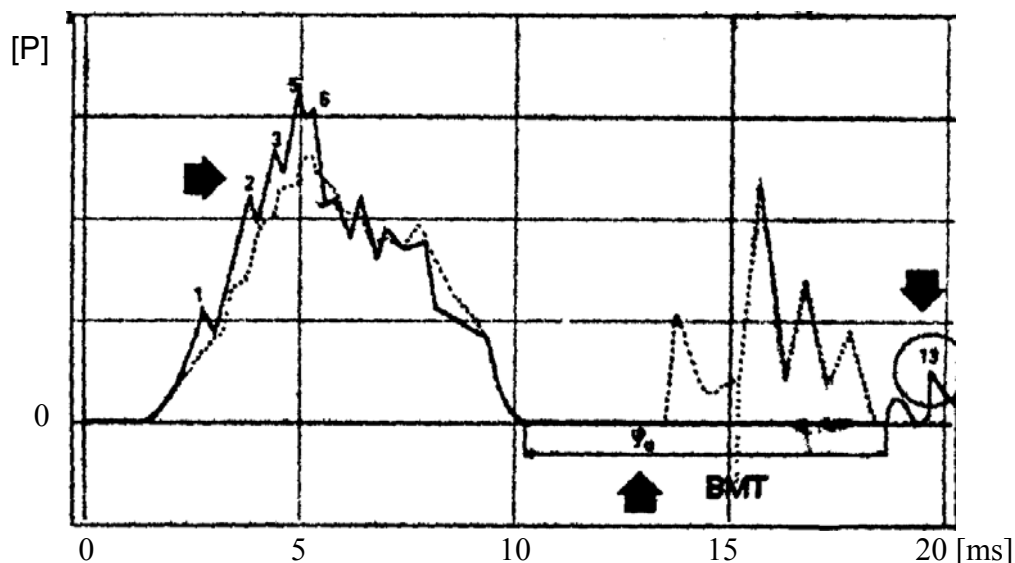


Рис. 1.42. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при засорении, закоксовывании сопловых отверстий распылителя форсунки (режим – холостой ход)

Нарушение подвижности иглы распылителя (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает следующие значения давления на осциллограмме (рис. 1.43):

- увеличение амплитуды давления в точке 5;
- фронт падения давления имеет прямоугольный характер.

Обрыв носика распылителя дает сглаженный фронт нарастания давления, характерные точки слабо выражены (рис. 1.44, режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин).

Негерметичность распылителя по запорному конусу (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает следующие изменения давления на осциллограмме (рис. 1.45):

- давление в точке 8 больше давления в точке 10;
- уменьшение длительности φ_0 ;
- увеличение амплитуды давления первой волны колебаний после впрыска.

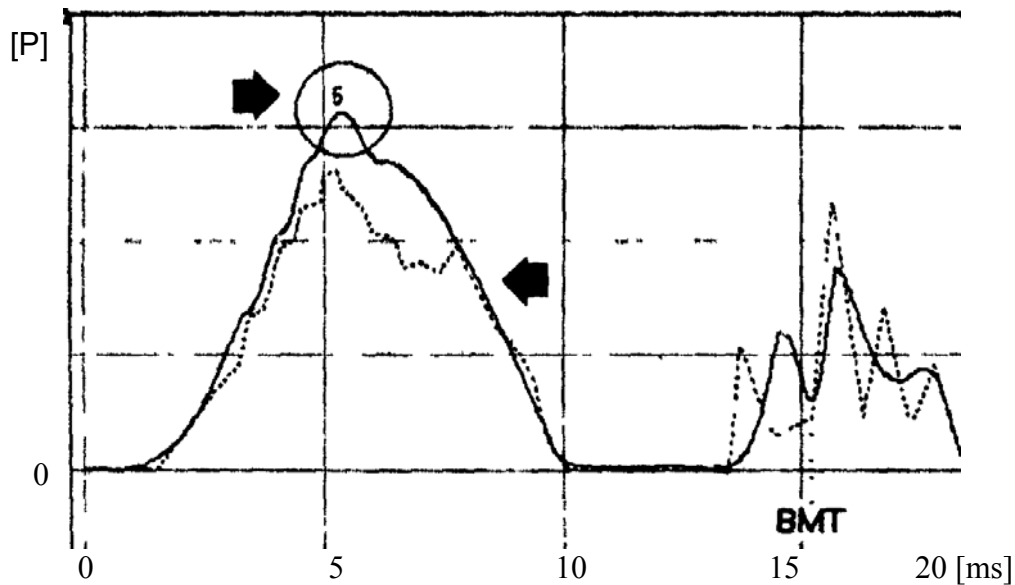


Рис. 1.43. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при нарушении подвижности иглы распылителя (режим – холостой ход)

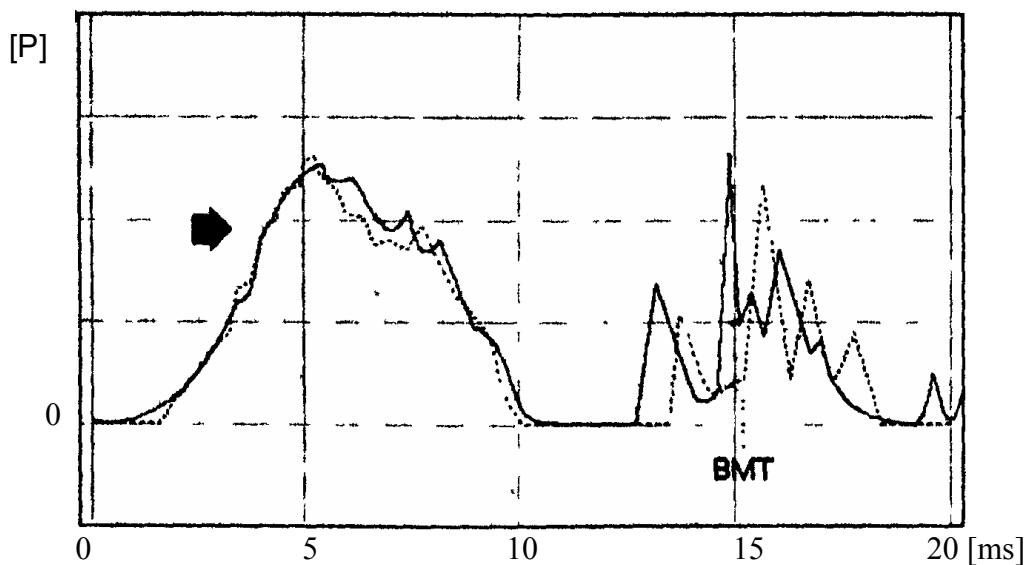


Рис. 1.44. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при обрыве носика распылителя форсунки (режим – холостой ход)

Увеличение пропускной способности распылителя форсунки (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает следующие изменения давления на осциллограмме (рис. 1.46):

- сглаженный передний фронт осциллограммы давления, отсутствие четко выраженных точек;
- незначительное уменьшение продолжительности подачи топлива φ_p ;
- незначительное уменьшение давления в точке 10;
- уменьшение амплитуды колебания давления после впрыска (точка 13).

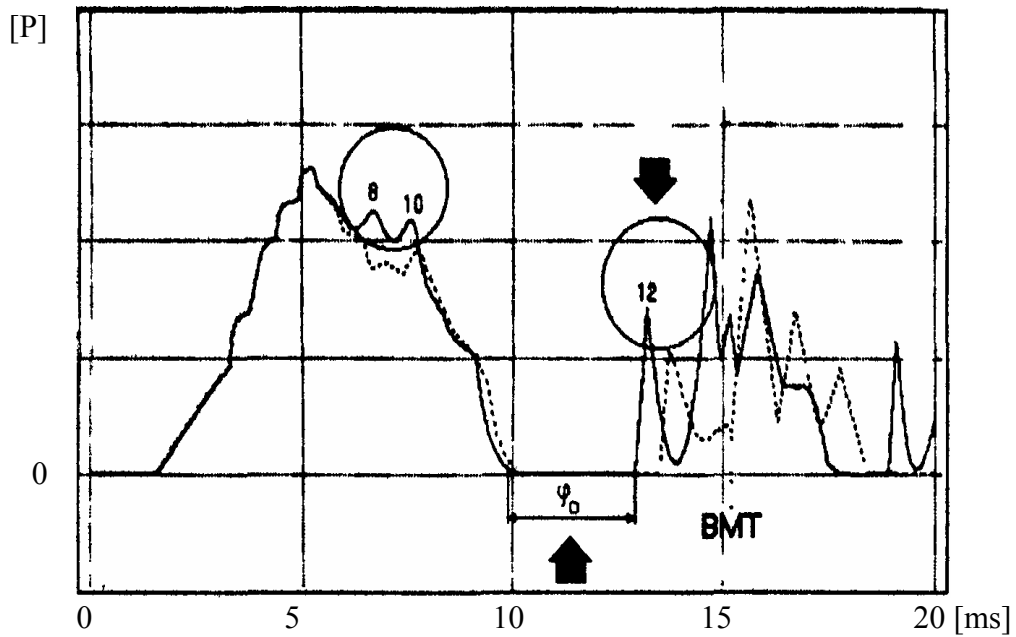


Рис. 1.45. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при негерметичности распылителя по запорному конусу (режим – холостой ход)

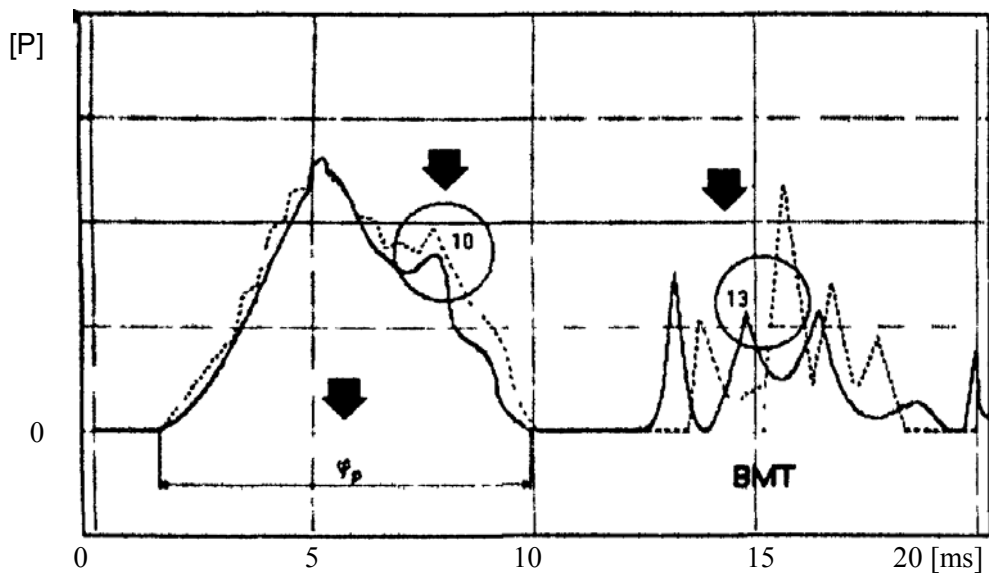


Рис. 1.46. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при увеличении пропускной способности распылителя форсунки (режим – холостой ход)

Уменьшение плотности распылителя форсунки (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает следующие изменения давления на осциллограмме (рис. 1.47):

- гладкий фронт нарастания давления в начале впрыска (зона А);
- незначительное уменьшение амплитуды давления впрыска (точка 5);
- отсутствие характерной точки 2;
- увеличение длительности φ_0 .

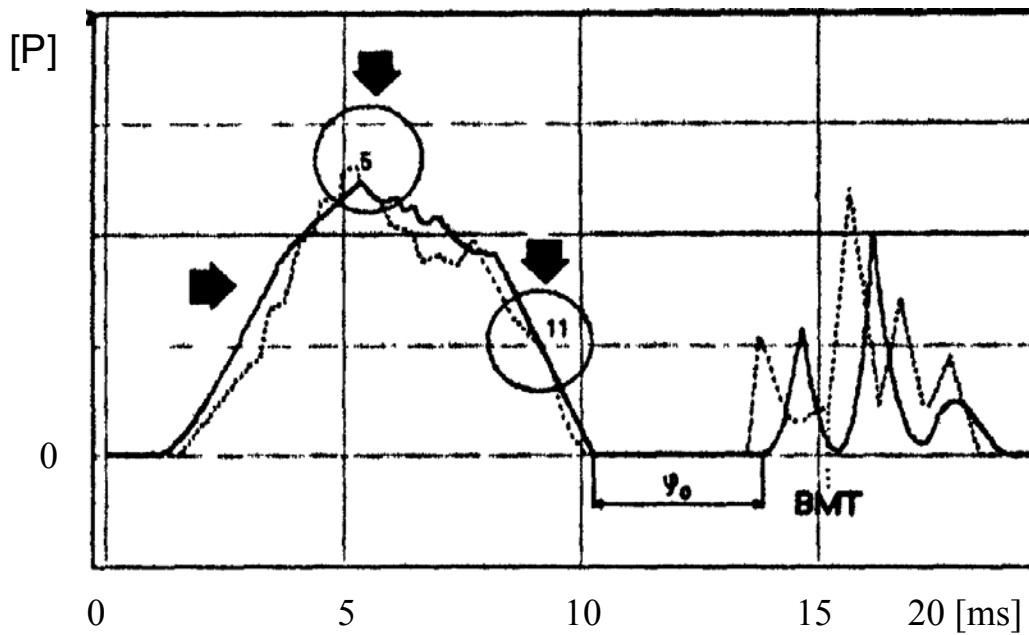


Рис. 1.47. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при уменьшении плотности распылителя форсунки (режим – холостой ход)

Уменьшение давления начала впрыска топлива (режим работы двигателя – холостой ход, 800 об/мин) дает следующие изменения давления на осциллограмме (рис. 1.48):

- существенное уменьшение продолжительности подачи топлива φ_p ;
- существенное увеличение амплитуды колебаний давления в процессе впрыска;
- существенное уменьшение давления в точке 9.

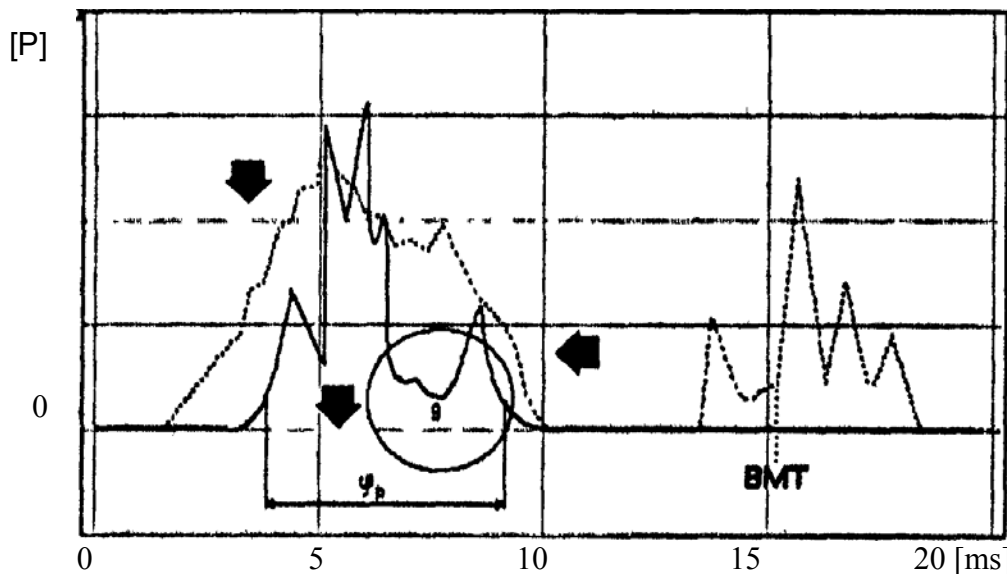


Рис. 1.48. Осциллограмма давления топлива двигателей семейства КамАЗ при уменьшении давления начала впрыска топлива (режим – холостой ход)

Вместе с тем анализ парка дизелей в нашей стране, показывает, что подавляющее большинство оборудованы системами старого образца, более того, новые грузовые автомобили, выпускаемые в нашей стране, оборудуются механическими многоплунжерными ТНВД и позволяют выполнять нормы токсичности Евро I, II. Такие системы питания выпускают два предприятия в России [38]:

Ярославский завод топливной аппаратуры и фирма КамАЗ. Дизели для легковых автомобилей выпускают только Барнаульский моторный завод и Заволжский моторный завод (ЗМЗ), которые применяют иностранные системы питания фирмы «Bosh». В основном это системы разделенного типа с многоплунжерным ТНВД. ЗМЗ только планирует выпуск дизелей с системами «Common rail» [78].

Среди стационарных стендов по проверке и регулировке топливной аппаратуры наиболее распространены отечественные модели: КИ-22210, КИ-921 МТ, КИ-15711М-(01,03,05,06) [65, с. 82]. 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 [92, с. 107].

Российское оборудование, применяемое для диагностирования элементов системы питания дизельного двигателя, приведено в табл. 1.9.

Т а б л и ц а 1 . 9

Оборудование, применяемое для диагностирования элементов системы питания дизельного двигателя

Элемент	Параметр технического состояния	Оборудование
Форсунка	Давление впрыска, МПа	КИ-562 КИ-16301А КАД-300
	Качество распыла	КИ-562 КИ-16301А
	Подвижность иглы	ЭМДП
Топливный насос	Угол опережения подачи топлива	ЭМДП
	Продолжительность подачи, град	ЭМДП КАД-300
Плунжерная пара	Максимальное давление, МПа	КИ-16301А КАД-300
Нагнетательный клапан	Время падения давления, с.	КИ-16301А КАД-300
Подкачивающий насос	Давление до фильтра, кПа	КИ-4801
Топливный фильтр	Разница давлений, кПа	КИ-4801
Воздушный тракт	Подсос воздуха	КИ-4870
Воздухоочиститель	Степень засоренности	ОР-9928

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 Zeca. По конструкции он почти идентичен стенду Bosch, но гораздо дешевле. На заказ стенд Zeca 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 [6].

Процедура контроля на стационарных стендах трудоемка, требует больших затрат времени и подчас не оправдана, так как не всегда необходимо проведение регулировочных работ или замена отдельных элементов. И наоборот, часто требуется вмешаться в работу топливной аппаратуры дизелей, с целью регулировки или замены элементов, однако сложность получения информации не позволяют это сделать [29, с. 13–16].

Для оценки технического состояния и частичной регулировки топливной аппаратуры дизелей, непосредственно на автомобиле, наибольшее распространение получили дизельные стробоскопы и мотортестеры. Стробоскопы обычно имеют накладной пьезодатчик и определяют: напряжение в бортовой сети, частоту вращения коленчатого вала двигателя, момент начала впрыска. Наибольшее распространение получили дизельные стробоскопы итальянских фирм. Основным недостатком этих приборов – низкая чувствительность пьезодатчика, дающего частые сбои при измерении параметров. Более надежны пьезодатчики австрийской фирмы AVL, специализирующейся на производстве диагностического оборудования для дизельных двигателей. Но стробоскоп этой фирмы DiTime 873 существенно дороже итальянских [33, с. 23–26].

Специализированные дизельные мотортестеры, пожалуй, самые мощные диагностические приборы. Фирмой AVL выпускается один из лучших по своим возможностям дизельный стационарный мотортестер AVL Disystem 845, выполненный на основе персонального компьютера. Помимо оборотов и момента начала впрыска, он позволяет определять относительную компрессию, одновременно наблюдать осциллограммы впрыска по всем цилиндрам, производить замеры мощности и крутящего момента. Использование этого мотортестера существенно сокращает трудозатраты

при диагностике двигателя. Недостаток все тот же – очень высокая цена. Лидером среди отечественных мотортестеров для диагностирования дизеля, как по своим возможностям, так и по надежности, является мотортестер М2-2 белорусского производства (г. Минск). Этот прибор позволяет помимо частоты вращения и угла опережения впрыска контролировать еще 9 параметров двигателя, включая мощностные, а также наблюдать осциллограммы впрыска по цилиндрам на встроенном осциллокопе [92].

Для измерения давления здесь используется устанавливаемый в разрыв топливопровода датчик, обладающий высокой точностью и надежностью.

Он универсален и позволяет, в отличие от накладных импортных тензодатчиков, работать с любыми топливопроводами от 4,5 мм (Mercedes) до 10 мм (тяжелая техника). Недостатком этого датчика являются большие габариты и необходимость разъединения топливопровода [56, с. 127].

Диагностирование современных дизелей, многие из которых оснащены электронным управлением ТНВД, требует, естественно, и приборов для проверки электрической и электронной части [9, с. 54]. Тестер-имитатор сигналов датчиков – незаменимый помощник в локализации неисправных датчиков и исполнительных механизмов. Большинство таких приборов формируют значения сопротивлений, постоянного напряжения, частоты и т.п. Выбор приборов данного типа невелик. Большая часть из них – эффективные многоканальные приборы с цифровой индикацией задаваемых параметров, позволяющие моделировать различные режимы работы двигателя. Сканер кодов неисправностей – неприменимый инструмент диагностирования современного дизеля с электронным управлением ТНВД. Выбор здесь также невелик. Эффективное считывание кодов производит только сканер KTS 300 для систем дизельного впрыска Bosch и сканер Laser 2000 для систем дизельного впрыска разработки фирмы Lucas [28]. Эти приборы с полным комплектом адаптеров и программного обеспечения, естественно, недешевы. Но другого, более простого способа обеспечить качественный информационный обмен с бортовым процессором дизельных машин, в настоящее время нет. Анализ разработок в сфере встроенных систем диагностирования дизелей показывает, что такие системы на автомобильных дизелях почти не применяются, лишь некоторые дорогие магистральные грузовики фирмы «Mercedes bens», оснащаются подобными системами. Главным сдерживающим фактором их применения является сложность и высокая цена [63]. Эти системы позволяют контролировать индикаторные, эффективные показатели дизеля, а также производить мониторинг рабочего процесса в каждом цилиндре двигателя и процесс впрыска топлива. Аналогичными системами диагностирования являются ДМ-2000 и ДМ-1000с, [46] предназначенные для дистанционного централизованного контроля нагрузки работающего дизеля и параметрической диагностики рабочего процесса в цилиндрах дизеля и в системе

впрыска топлива. Перспективной разработкой также является комплекс для непрерывного контроля и диагностики двигателя «Ритм-дизель М» [91]. Среди систем встроенного диагностирования дизелей можно отметить разработку фирмы Ауэроника (Норвегия) – НК-100, предназначенной для оценки качества процесса сгорания в цилиндрах, контроля процесса впрыска топлива и работы топливной аппаратуры обслуживаемых дизель. Одно из главных преимуществ комплекса НК100 состоит в возможности наиболее полной диагностики состояния топливной аппаратуры [84]. Следует отметить высокую стоимость описанных выше систем встроенного диагностирования, их цена колеблется от 10000 до 35000 \$, что неприемлемо для использования данных систем на автотранспортных дизелях, таких как, отечественные дизеля, в условиях старого парка автомобилей и небольших АТП [26]. Сложившееся положение в сфере диагностирования дизелей определило наиболее интересные методы диагностирования топливной аппаратуры. К ним относятся методы диагностирования по амплитудно-фазовым колебаниям давления на линии нагнетания и виброакустическим характеристикам [56, с. 127]. Метод диагностирования по амплитудно-фазовым параметрам давления [32] на линии нагнетания позволяет определить регулировочные характеристики ТНВД и состояние отдельных элементов топливной аппаратуры. Методы диагностирования других систем двигателя достаточно известны и подробно описаны в литературе [83, 65, 12, 89], поэтому подробное описание этих методов представляется нецелесообразным. Отметим лишь, что методы, построенные по функциональной схеме, кроме виброакустического, наряду с преимуществами и недостатками, присущими каждому из них, имеют ряд общих недостатков: необходимость частичной разборки двигателя, большую трудоемкость диагностирования, не универсальность. К примеру, при диагностировании топливной аппаратуры по амплитудно-фазовым характеристикам на линии нагнетания, для шестицилиндрового двигателя трудоемкость диагностирования составляет 0,74 чел.-ч. [80]. Не универсальность методов заключается в том, что большинство из них определяет ограниченное число диагностических параметров в рамках одной или нескольких функциональных систем дизеля. Это вынуждает применять набор нескольких методов и средств диагностирования. Поэтому большой интерес представляют универсальные методы диагностирования, использующие единые принципы, единый приборный комплекс для оценки технического состояния различных функциональных систем. Одним из таких методов является виброакустический метод [56, с. 127]. Данный метод универсален, не требует разборки двигателя, но имеет высокую трудоемкость (трудоемкость диагностирования ТАД составляет 0,5 чел.-ч.), требует дорогостоящего оборудования и высокой квалификации оператора. Поэтому его можно рекомендовать к применению лишь на больших

АТП и автоцентрах. В тоже время были разработаны методы диагностирования ДВС, основанные на объемной схеме, когда неисправность локализуется сначала в рамках цилиндра, а затем и системы двигателя. К таким методам следует отнести методы диагностирования двигателей по гармоническому анализу колебаний давления в органах газообмена и по неравномерности вращения коленчатого вала [36]. 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 картере двигателя [26]. Основным недостатком данного метода является необходимость применения стенда тяговых качеств (СТК) для создания диагностических режимов, что сдерживает его применение.

Диагностирование по неравномерности вращения коленчатого вала, разработанном в Саратовском государственном техническом университете, 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.

Подробно данный метод был разработан для бензиновых двигателей.

Применение его для дизелей проводилось в Московском Техническом Университете (МАДИ) [82].

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 производилась 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 [49].

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.

Вывод. С каждым днем увеличивается количество методов и типов диагностики, что предполагает несовершенство существующих работ в данной области. Основным недостатком заключается в проблеме стабилизации, достоверности и информативности при диагностировании автомобиля, проблему стараются решить либо наращиванием технического оснащения диагностирования или увеличением трудоемкости и использованием высококвалифицированного персонала, что в свою очередь приводит к увеличению затрат на диагностирование автотранспорта и выгодно лишь крупным АТП. Нам необходим подбор универсального метода диагностирования на малых АТП путем математического моделирования для диагностирования процессов происходящих при возникновении неисправностей автомобилей с дизельными двигателями. Для создания метода нужно провести анализ методов поиска неисправностей.

1.19. 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 [56, с. 127].

Индикаторная диаграмма (ИД) – графическое представление совокупности термодинамических процессов, составляющих рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания, в координатах «давление-объем», «давление-температура». Различают теоретическую и действительную индикаторные диаграммы. Теоретическая ИД – математическая модель, полученная по расчетным параметрам рабочего тела в конечных точках процессов. Действительную ИД получают в результате экспериментальных исследований реального двигателя. На основании сравнения теоретической и действительной ИД можно сделать вывод о характере протекания рабочих процессов в цилиндрах двигателя, а следовательно, и вывод о состоянии самого двигателя [93].

Получение действительной ИД связано со снятием двигателя с автомобиля и установкой его в специальный стенд, на котором измеряются основные показатели ДВС. Очевидный недостаток метода – увеличение времени

и трудозатрат на проведение испытания. Поэтому такой подход осуществляется, в основном, на этапах проектирования и доводки двигателя [97].

Также стоит отметить сложность математических моделей ДВС, как и любые теоретические исследования, использующие предварительные допущения.

Внешняя скоростная характеристика (ВСХ) – зависимость основных параметров двигателя (эффективной мощности, мощности потерь, эффективного крутящего момента, расхода топлива и воздуха, угла опережения зажигания) от частоты вращения коленчатого вала при неподвижном положении органа, управляющего подачей топлива, и неизменной нагрузке [41]. При работе автомобиля большинство неисправностей проявляется в виде внешних признаков (симптомов). Часто внешние признаки различных неисправностей носят одинаковый характер. Например, дизель может работать с перебоями и не развивать достаточной мощности в следующих случаях [14]:

- при неудовлетворительной работе форсунок;
- при попадании воды в цилиндры и воздуха в топливо;
- при зависании плунжеров во втулках.

Зная наиболее часто встречающиеся неисправности, а также внешние проявления, обнаруживают возникшую неисправность, не проводя излишних проверок и разборок. Нередко прибегают к методам последовательного исключения. Например, неработающий цилиндр можно обнаружить путём поочерёдного выключения цилиндров (при отключении и включении характер и звук выхлопа не меняются) [67, с. 108].

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 [17].

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 [6, с. 17].

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 [37].

Например, наиболее часто встречающаяся причина перебоев при работе дизелей – неудовлетворительное состояние форсунок. Следовательно, поиск неисправности в этом случае следует начинать с проверки рабочих форсунок.

В целях ещё большего снижения затрат времени и средств на поиски неисправности при разработке программ – поисков следует принимать во внимание не только вероятность возникновения неисправности, но и время, затрачиваемое на выявление каждой из них при диагностировании. Поиск неисправностей по таким критериям получил название метода «время-вероятность» [65].

В этом случае последовательность проверки устанавливают, исходя из отношения времени t , необходимого на выявление неисправности, к вероятности P появления этой неисправности.

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.

Наиболее часто встречается ослабление ремня вентилятора, а время, требуемое на проверку его натяжения, является минимальным. Отсюда следует, что поиск причины указанной неисправности нужно начинать с проверки натяжения 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.

Как верно замечает Ш.В. Нигматуллин [67] в своем диссертационном исследовании на тему «Совершенствование методов и средств диагностирования топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей», важнейшая проблема в области технической диагностики автомобилей – установление симптомов в зависимости от наработки составных частей или автомобиля в целом, а также выявление зависимостей между этими симптомами и соответствующим им параметрам технического состояния машин. Знание этих закономерностей и зависимостей при известных предельных значениях параметров технического состояния позволяет своевременно предупреждать неисправности и отказы.

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 (рис. 1.49). 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 [34, с. 34].

К основным элементам топливной системы высокого давления относятся:

- топливный насос высокого давления (ТНВД);
- топливопроводы высокого давления;
- форсунки;

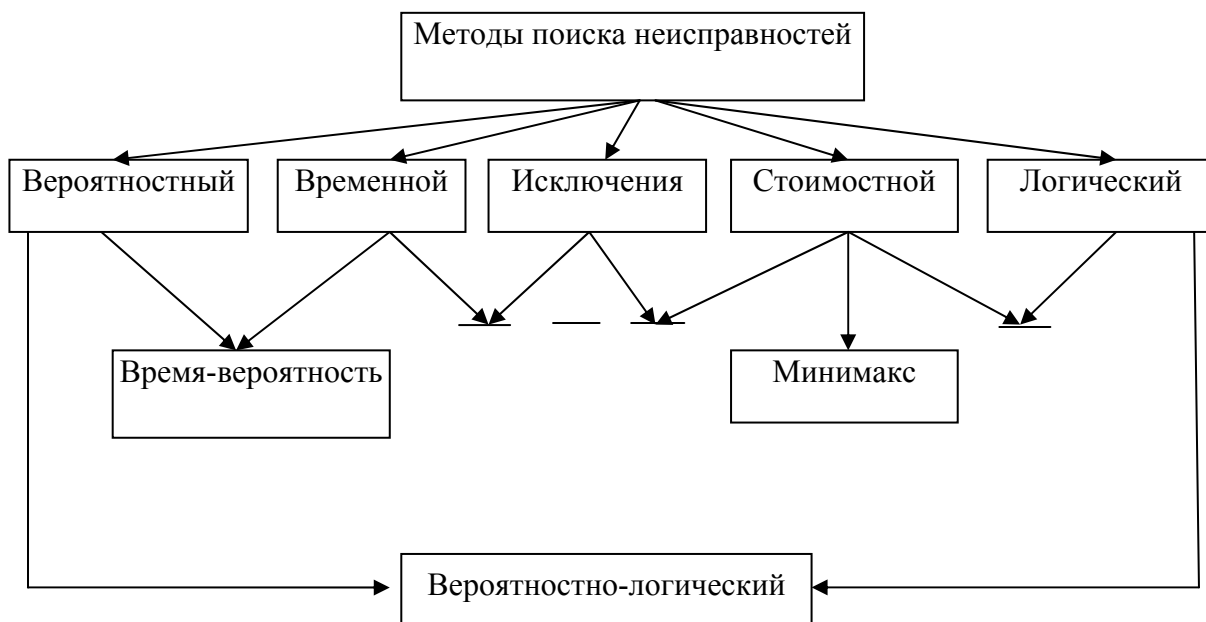


Рис.1.49. Методы поиска неисправностей

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).

Элементы ТНВД включают в себя [1, 4]:

- корпус;
- кулачковый вал;
- прецизионную пару;
- подпружиненный клапан;
- Элементы форсунки включают в себя:
 - корпус;
 - иглу;
 - пружину;

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

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

При отказе одного или нескольких элементов приводит к нарушению работы всей системы 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 [92].

Из перечисленных элементов наиболее подвержены неисправностям форсунки и ТНВД. Наиболее эффективным на данный момент средством для встроеного 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 [4, с. 69].

Вывод. Правильность диагноза требует большого количества информации, поэтому методы, используемые в настоящее время неэффективны. Предложенный нами вероятностно-логический метод основывается на взаимосвязанности неисправностей и позволяет диагностировать систему с помощью минимально необходимого количества датчиков для получения достоверной информации. Данный метод позволяет использовать совокупность недорогих, но эффективных действий для качественного диагностирования при минимальных затратах. Диагностика не только правильно подобраный метод контроля параметров, но и диагностическое оборудование, позволяющее провести его внедрение на АТП.

1.20. Классификация контрольно-измерительных приборов

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

Указывающие приборы имеют шкалу и стрелку, по положению которой относительно шкалы определяется значение измеряемой величины. Чтобы оценить измеряемую величину, водитель должен отвлечься на некоторое время от наблюдения за движением автомобиля, посмотреть на шкалу прибора и осознать показание. Давая водителю информацию о контролируемом параметре во всем диапазоне измерения шкалы, указывающий прибор позволяет судить о состоянии контролируемого узла или системы автомобиля [91].

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 [79, с. 33].

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 [28].

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) [82, с. 57].

Классификация датчиков. Важнейшим функциональным элементом электронных средств технического диагностирования автомобилей являются датчики (первичные преобразователи) электрических и неэлектрических физических величин. Правильный выбор типа датчика непосредственно влияет на качество получаемой диагностической информации, достоверность постановки диагноза, экономические показатели процесса диагностирования [65, с. 307].

Датчик – устройство, воспринимающее измеряемый (контролируемый) параметр и преобразующий его в сигнал, удобный для передачи по линиям связи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но не поддающийся непосредственному восприятию наблюдением [65, с. 308].

В целом по виду измеряемой величины выходной сигнал датчика может быть электрический, пневматический, гидравлический, механический и др. В средствах технического диагностирования автомобилей наиболее широко применяют датчики с электрическим выходным сигналом. Преимущества таких датчиков заключается в быстродействии, возможности автоматизации процесса измерения, многофункциональности и гибкости [36].

В зависимости от принципа действия датчики с электрическим выходным сигналом можно разделить на две основные категории: генераторные (активные) и параметрические (пассивные) [48].

В **генераторных датчиках** осуществляется генерация электрической энергии, т.е. преобразование измеряемого параметра в электрический сигнал. К генераторным датчикам относят пьезоэлектрические, индукционные, фотоэлектрические, гальванические, электрокинетические, частотные датчики, а также датчики электрических потенциалов и датчики с время-импульсным выходом.

В **параметрических датчиках** (Рис. 1.50) измеряемая величина преобразуется в параметр электрической цепи: сопротивление, индуктивность, емкость и т.п.

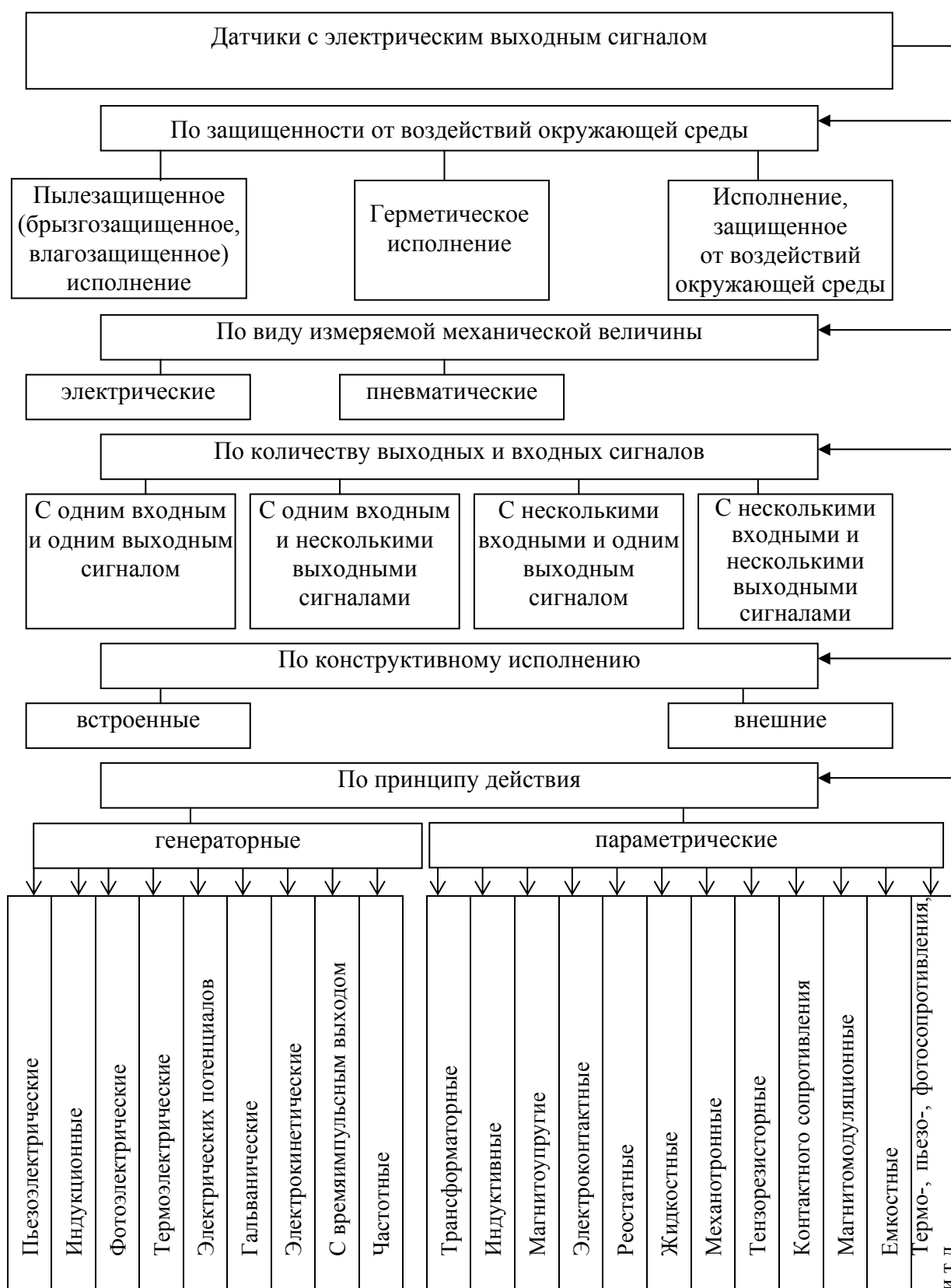


Рис.1.50. Классификация датчиков с электрическим выходным сигналом

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. Из перечисленной номенклатуры датчиков в средствах технического диагностирования машин практически применяются потенциометрические, индуктивные, трансформаторные, магнито-упругие и другие датчики [36].

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.

Т а б л и ц а 1 . 1 0

Области применения датчиков в СТД

Наименование датчиков	Измеряемые величины
Потенциометрические	Абсолютное и избыточное давления жидких и газообразных сред, перепады давлений, различные перемещения, скорость, ускорение, и др.
Тензорезисторные	Давление, усилие, вращающий момент, относительное перемещения, линейное ускорение и др.
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.
Наименование датчиков	Измеряемые величины
Фотоэлектрические	Частота вращения, вращающий момент, линейные и угловые размеры и др.
Механотронные	Усилие, давление, малые перемещения и др.

По количеству входных и выходных сигналов различают датчики с одним входным и одним выходным сигналами; с одним входным и несколькими выходными сигналами; с несколькими входными и одним выходным

сигналами; с несколькими входными и несколькими выходными сигналами [47, с. 126].

Требования к датчикам. Условия работы датчиков при диагностировании автомобилей резко отличается от условий работы вторичной аппаратуры СТД, преобразующей и обрабатывающей выходные сигналы датчиков. Особенно тяжелые условия работы у встроенных датчиков, которые должны иметь более высокие показатели надежности, чем диагностируемые объекты, сохранять свою работоспособность при значительных перепадах температур, вибрациях, повышенной запыленности, ударных нагрузках. Встроенные датчики не должны менять свои выходные характеристики при воздействии на них агрессивных сред, например масел, бензина и других жидкостей [51].

Датчики обыкновенного исполнения не применяют в условиях интенсивных механических и температурных воздействий, в запыленной, влажной и взрывоопасной средах.

Датчики температуропроочного исполнения рассчитывают чаще всего на воздействие температур от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при хранении и транспортировки СТД) до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температуроустойчивого исполнения – от -30 до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (встроенные) и от $+10$ до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (внешние).

Датчики должны изготавливаться с унифицированными разъемами для подключения их к СТД, а внешние датчики, кроме того, должны иметь унифицированные устройства, обеспечивающие их быструю и удобную установку и фиксацию на диагностируемом объекте [49].

Датчики с одинаковым принципом действия, предназначенные для измерения однотипных диагностических параметров, должны быть унифицированы и, в первую очередь, по выходному сигналу.

Датчик, установленный в исправном или неисправном состоянии на объект диагностирования, не должен отрицательно влиять на его работу. Установка датчика должна производиться с минимальными затратами времени, труда и средств, а процесс диагностирования по выходному сигналу датчика должен быть кратковременным [81, с. 42–45].

Датчик СТД в зависимости от назначения могут работать в статистическом, динамическом и статодинамическом процессах. При *статистическом* процессе к датчикам предъявляют метрологические требования по порогу чувствительности, зоне нечувствительности, стабильности выходной характеристики, вариации выходного сигнала. В целом комплексы метрологических характеристик СТД и их датчиков выбирают из числа характеристик, приведенных в ГОСТ 8.009-84, и указывают вместе с их допускаемыми значениями в нормативно-технической документации на СТД [25].

Порог чувствительности датчика – минимальное изменение измеряемой величины, вызывающее изменение выходного сигнала датчика.

Зона чувствительности датчика – максимальное изменение контролируемой величины, не вызывающее изменение выходного сигнала.

Чувствительность датчика – отношение изменения выходного сигнала к вызывающему его изменению измеряемой величины. Чувствительность регламентируется государственными стандартами.

Стабильность выходной характеристики – свойство датчика, отражающее неизменность во времени его метрологических свойств. Она не должна выходить за пределы основной допустимой погрешности.

Вариация выходного сигнала – средняя разность между значениями выходного сигнала. Вариация выходного сигнала не должна превышать основной допустимой погрешности.

При *динамическом процессе* к датчикам предъявляют дополнительные требования. Они должны обладать повышенной механической погрешностью. Чтобы предотвратить искажение результатов измеряемой величины, необходимо учитывать возможное влияние собственных колебаний упругой механической системы датчика. Частота собственных колебаний датчика должна превышать частоту контролируемого процесса по меньшей мере в 6–10 раз [55].

При *статодинамическом процессе* к датчику предъявляют дополнительно к перечисленным следующие требования по однонаправленности действия, перегрузочной способности датчика и его избирательности.

Однонаправленность действия – это сведение к минимуму обратного силового воздействия от датчика на контролируемый процесс.

Перегрузочная способность датчика характеризуется отношением предельного значения измеряемого параметра к его номинальному значению. Перегрузочная способность датчиков обычно равна 1,5–2 от рабочего диапазона измеряемой величины.

Избирательность датчика характеризует его способность реагировать только на изменение того параметра, для измерения которого он предназначен [50, с. 296].

Важное значение имеют требования к показателям надежности датчиков: безотказности, долговечности, вероятности безотказной работы, интенсивности потока отказов. Показатели надежности датчиков должны быть значительно выше показателей надежности СТД, для которых они предназначены. Если датчики встроенные, то их надежность должна быть выше надежности диагностируемого объекта [13, с. 184].

Значение наработки на отказ при ее нормировании в НТД выбирают из ряда 500, 600, 700, 800, 900, 1000 ч и далее через каждые 250 ч. Нормируемые показатели надежности датчиков определены в ГОСТ 27.003–83. Периодичность проверки датчиков задается в НТД [13, с. 184].

По мере того как снижаются цены, ужесточаются правительственные требования к топливной экономичности и чистоте отработавших газов,

растет потребность в датчиках электронных систем и расширяется их рынок.

Все определяется не только стоимостью, но и требованиями интегрирования датчиков в систему. Чтобы резко снизить себестоимость всех составных частей электронных систем (микропроцессоров, датчиков), нужно создавать заново систему в целом. Но автомобильная промышленность развивается эволюционным путем, а не революционным. Для создания «авангардной» технологии необходимо 8–10 лет, в то время как применение традиционной для налаживания серийного производства новой электронной системы требуется только 4 года [56, с. 127].

В большинстве случаев цену на новую продукцию удается снизить благодаря расширению объемов выпуска и приобретению опыта. Но это затрудняет в дальнейшем перевод принятой технологии на новую основу, продлевая жизнь старой, но отлаженной. Это имеет положительную сторону. С ростом применения датчиков в автомобильных электронных системах теряет значение то, какая технология является лучшей в конкретном случае и даже какое количество датчиков и какая стратегия управления всей системой будет необходима в будущем [55, с. 42].

Сегодня полупроводниковые датчики считаются новым компонентом, их достоинством является преобразование синусоидального сигнала в серии прямоугольных импульсов. Микропроцессоры могут воспринимать только логические единицы и нули. Поэтому на выходе синусоидальный сигнал необходимо сравнивать с пороговой величиной и в период, когда его уровень превышает пороговую величину, меньше порогового значения – единице. А частота импульсов характеризует скорость процесса [56 с. 17–20].

Следующий шаг – обеспечение предварительной обработки сигнала перед подачей его в контроллер системы. Такие так называемые «интеллектуальные» датчики освободят центральный контроллер от предварительных вычислений, расширяя его возможности для реализации алгоритма управления и распределения информации между системами. «Интеллектуальные» датчики, вероятно, не будут непосредственно распределять информацию. Многие пользователи, подключая к одному датчику несколько систем, затрудняют его функционирование [73].

Интеллектуальные датчики будут следующим шагом вперед. Заказчики требуют от будущих датчиков способности к самодиагностике, распознаванию сбоев и ложных сигналов, удобства технического обслуживания. В настоящее время особенно растет потребность в приборах измерения ускорений – акселерометрах. В некоторых (но не во всех) случаях акселерометры могут быть заменены оптическими датчиками. Основанные на использовании инфракрасных излучателей (светоизлучающих диодах) и детекторов, эти оптические датчики могут быть использованы для измерения скорости автомобиля, его положения и высоты, уровней жидкостей в

гидросистемах и светового потока, для определения состава рабочей смеси в случае многотопливного двигателя [82].

Однако широкого распространения оптические датчики не получают до освоения волоконно-оптической технологии и мультиплексирования. До того времени оптические датчики будут применяться в тех случаях, когда они имеют очевидные функциональные или экономические преимущества.

В настоящее время имеется, однако, одна технология, которая может быть использована практически во всех существующих электронных системах – это полимерные толстые пленки (PTF) с электропроводящими наполнителями (серебром, углеродом, никелем, медью) [67].

В новейших системах управления надувными подушками безопасности для измерения ударного воздействия используются акселерометры, установленные непосредственно в блоке управления, расположенном в салоне водителя. Это исключает необходимость иметь множество внешних датчиков (неэлектронные системы обычно содержат 4–5 механических датчиков), сокращает длину проводов и объем требуемого для размещения системы пространства. Снижается также и время срабатывания подушки. Механическая система обеспечивала время срабатывания около 22 мс, сейчас это время составляет 17,5 мс [71, с. 6].

Но акселерометры используются не только в системах управления подушками. Они могут применяться также в антиблокировочных системах (АБС), системах регулирования тягового условия (PTU), в активных и полуактивных подвесках, навигационных системах и системах контроля детонации в двигателе. А новое поколение миниатюрных датчиков – трехмерные структуры, выполнение в кремнии, могут получить применение в новых областях. В системе с акселерометрами, измеряющими ускорения вертикальных перемещений колес (например, в активных подвесках), и датчиками, измеряющими воздействие водителя на рулевое колесо, можно определять поперечное ускорение без использования сигнала другого акселерометра для управления АБС и системой PTU. В ближайшие годы наблюдается рост числа датчиков на автомобиле, но долгосрочная тенденция пока не ясна [27].

Как и всегда, имеется одно препятствие для широкого распространения толстопленочной технологии – высокая стоимость. В тех случаях когда миниатюризация, сокращение числа деталей и облегчение пространственной компоновки не являются главными задачами, толстопленочная технология не дает ощутимого выигрыша [39].

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 [13, с. 48].

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 (рис. 1.51). Датчик закрепляется на топливопроводе с помощью зажима 5 и рычага 7, применение которого увеличивает надежность крепления на топливопроводе. Однако конструкция крепления датчика не позволяет быстро установить его в условиях ограниченного доступа к топливопроводу высокого давления.

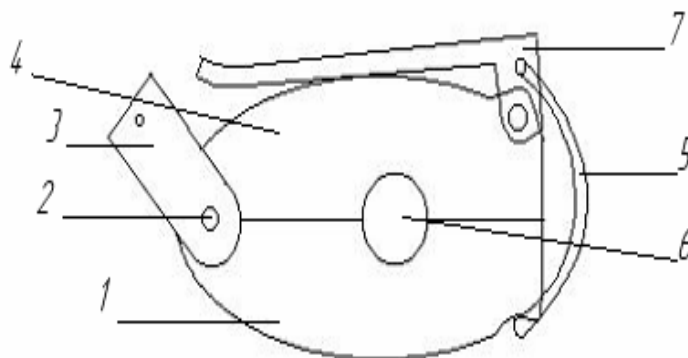


Рис. 1.51. Базовый датчик давления

Для снижения трудоемкости данной операции предлагается изменить конструкцию крепления датчика на эксцентриковый (рис. 1.52). 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.

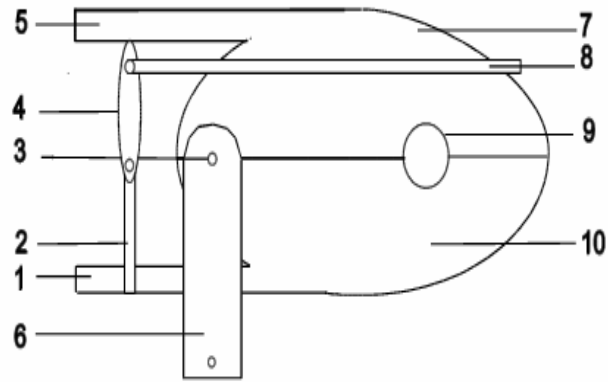


Рис. 1.52. Эксцентриковый датчик давления

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 (рис. 1.52) [56, с. 127], который выполняется из двух частей корпуса 6 и 7, подвижных относительно оси 3. В углублениях подвижных частей корпуса расположены пьезоэлементы из поливинилдефторидной 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.

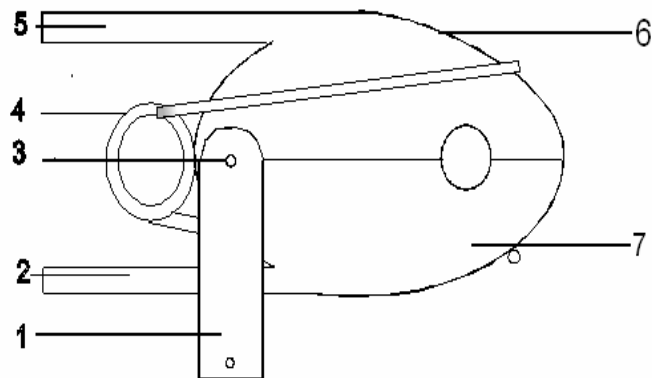


Рис. 1.52. Пружинный датчик

Для снижения трудоемкости данной операции предлагается изменить конструкцию крепления датчика. Датчик (рис. 1.53) 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 топливопроводе в корпусе имеется отверстие, соответствующее диаметру топливопровода. Датчик закрепляется на топливопроводе с помощью пружинного зажима, а затем поджимается скобой 2, эксцентриком 4 и рычагом 8.

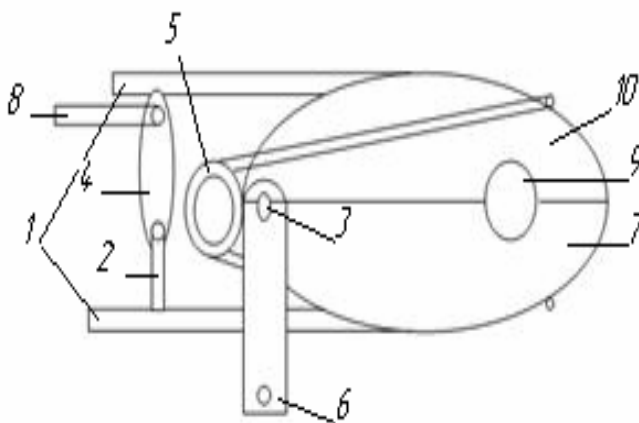


Рис.1.53. Датчик давления с измененной конструкцией

Вывод. На автомобильном транспорте происходит тенденция к увеличению числа датчиков, сигнализирующих о той или иной неисправности. Важно понимать, что быстро найти причину при срабатывании такого датчика без частичной разборки или с наименьшими трудовыми затратами возможно только с применением технологически совершенных средств диагностики. Но в настоящее время стоимость такого оборудования достаточно дорога, поэтому рациональным решением будет создание усовершенствованного датчика на базе существующего аналога. Применение предложенного крепления датчика позволит снизить трудоемкость на установку и снятие предлагаемого датчика, облегчить работу оператора.

1.21. Влияние характерных неисправностей автомобильных дизелей на их эксплуатационные показатели

За последние десятилетия эффективность работы автомобилей, выпускаемых промышленностью, их мощностные, экономические и экологические показатели, надежность и долговечность существенно возросли. Несмотря на это, опыт эксплуатации автомобильного парка показывает, что значительная доля автомобилей эксплуатируется с неисправностями, которые ведут к снижению показателей их работы. Распределение отказов и неисправностей по системам и агрегатам автомобилей семейства КАМАЗ

(рис 1.54) показывает, что одним из наименее надежных агрегатов является двигатель. Из распределения отказов по механизмам, системам и узлам двигателя (рис. 1.55) видно, что наибольшее их количество приходится на систему питания, причем 65 % приходится на неисправности топливного насоса высокого давления (ТНВД) [19].



Рис 1.54. Распределение отказов и неисправностей по системам и агрегатам автомобиля КАМАЗ



Рис. 1.55. Распределение отказов по механизмам и системам двигателя КАМАЗ

Эффективность работы быстроходных дизелей, их мощностные и экономические показатели, надежность и долговечность, а также токсичность отработавших газов во многом зависят от качества рабочего процесса в цилиндре двигателя, главной частью которого являются подача и распыливание топлива (рис. 1.56). Износы в тяжело нагруженных сопряжениях топ-

ливной аппаратуры приводят к изменениям угла опережения подачи топлива, отклонениям величин давления, начала подъема иглы форсунки и цикловой подачи от нормальных значений, повышению неравномерности регулировочных параметров по цилиндрам двигателя.



Рис. 1.56. Изменение влияние давления конца сжатия на эффективную мощность и удельный расход топлива

Это вызывает дополнительные тепловые и динамические нагрузки, резкие перепады температуры в перемычках головок цилиндров, потерю подвижности поршневых колец, ускоренное изнашивание деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма, пригорание клапанов.

В тоже время наработки до регулировки форсунок и ТНВД составляют 480 и 800 мото-ч. соответственно [5], что значительно меньше средней наработки двигателя КамАЗ-740 – 12500 мото-ч. или 500 тыс.км.

Слишком ранний впрыск значительно увеличивает период задержки воспламенения из-за низкой температуры заряда в цилиндре двигателя. Одновременно процесс сгорания смещается относительно ВМТ таким образом, что максимальное давление P_2 достигается до прихода поршня в ВМТ. Это сопровождается увеличением работы сжатия, уменьшением работы расширения, падением индикаторных показателей и, соответственно, увеличением расхода топлива и дымности отработавших газов.

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.

Давление начала подъема иглы распылителя форсунки оказывает существенное влияние на распыление топлива, которое улучшается с повышением силы затяжки пружины форсунки. В тоже время, увеличение силы за-

тяжки пружины форсунки приводит к ухудшению распределения топлива в воздушном заряде, следовательно, и к снижению полноты сгорания. 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.

С увеличением цикловой подачи топлива продолжительность впрыска по времени увеличивается, и большая часть топлива сгорает на такте расширения, что повышает дымность ОГ и увеличивает расход топлива. Неравномерность подачи топлива по цилиндрам двигателя (8н) также оказывает существенное влияние на показатели его работы. Особенно резкое влияние неравномерности подачи топлива начинается при увеличении ее свыше 10 %.

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

Износ деталей цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма оказывает существенное влияние на показатели работы дизеля [17]. Потеря компрессии в цилиндрах приводит к ухудшению процессов смесеобразования и сгорания топливно-воздушной смеси, что связано с недостатком воздуха для перемешивания с частицами топлива.

Ухудшение процесса сгорания происходит по причине медленного протекания предпламенных реакций. Увеличивается период задержки воспламенения, и значительная часть рабочей смеси догорает на такте расширения. В итоге снижается мощность и экономичность, возрастает дымность ОГ.

Изменение зазора между толкателями и клапанами вызывает сдвиг фаз газораспределения, что влечет за собой нарушение рабочих процессов в цилиндрах. Так для восьмицилиндровых верхнеклапанных V-образных двигателей изменение зазора на 0,1 мм вызывает изменение фаз газораспределения на 5,8 град. п.к.в. Сдвиг фаз приводит к ухудшению наполняемости цилиндров, снижению качественного состава рабочей смеси по причине увеличенного количества остаточных газов.

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.

1.22. Роль диагностирования в повышении эффективности технической эксплуатации автомобильных дизелей

Проблема повышения эффективности использования подвижного состава автомобильного транспорта, может успешно решаться путем совершенствования управления техническим состоянием автомобилей, путем более полного использования его индивидуальных возможностей в процессе эксплуатации.

Сущность проблемы состоит в том, что из-за высокой вариации ресурсов агрегатов и механизмов автомобилей (для системы питания дизелей, например, коэффициент вариации ресурса составляет 0,25...0,776) их индивидуальные свойства при планово-предупредительной системе реализуются далеко не полностью. В результате этого имеют место значительные потери трудовых и материальных ресурсов вследствие пропуска отказов, преждевременной профилактики и низкого уровня организации производства, из-за недостаточной индивидуальной информации о состоянии каждого автомобиля. Так, объем заявочного (текущего) ремонта автомобилей, заключающийся, как правило, в устранении отказов из-за несвоевременного обнаружения неисправностей, составляет более 50 % от общего объема трудовых затрат на техническое обслуживание автомобилей. Основным источником информации о техническом состоянии автомобилей является техническое диагностирование.

Наиболее эффективная стратегия по поддержанию автомобиля в исправном состоянии – техническое обслуживание и текущий ремонт по состоянию. Данная стратегия невозможна без эффективных средств диагностирования, так как именно она дает индивидуальную информацию об объекте (автомобиле в целом, его отдельных узлах, системах).

Техническое обслуживание и ремонт автомобиля в современных условиях невозможен без контрольно-диагностических работ, доля которых уже превысила 30 % от трудоемкости ТО и Р. В этой связи большое значение имеет проблема уменьшения трудовых затрат при выполнении диагностирования. Решение этой проблемы осуществляется в двух направлениях:

- повышение эффективности внешнего стационарного диагностирования путем совершенствования его методов и средств, в сочетании с внедрением автоматизированных систем управления производством ТО и Р;
- повышением контролепригодности автомобилей и разработкой средств встроенного диагностирования, позволяющих осуществлять непрерывный контроль за техническим состоянием автомобиля при минимальных затратах [19, 22].

Безусловно, что развитие этих направлений должно осуществляться на единой технологической основе, обеспечивающей наибольшую эффективность их применения.

Следует отметить, что диагностирование, помимо снижения затрат на ТО и Р, существенно улучшает эффективные показатели автомобиля, такие как мощность, расход топлива, токсичность ОГ.

Экономический эффект применения диагностирования подтверждает опыт ее внедрения. Так при внедрении диагностирования наблюдается снижение затрат на ТР на 8,12 %, сокращение расхода запасных частей на 9,12 % и расхода топлива на 2,5 % [22, 24].

Таким образом, значительные резервы эффективности технической эксплуатации подвижного состава не могут быть реализованы без развития внешнего и встроенного диагностирования, которое является средством индивидуальной оперативной информации о техническом состоянии автомобилей, и особенно актуально для автомобилей, работающих в отрыве от производственных баз.

На основании проведенного анализа состояния вопроса можно сделать следующие основные выводы:

- ✓ в условиях роста дизельного парка страны, а также существенной зависимости эффективности его использования от технического состояния двигателей возрастает роль качества проведения ТО и ремонта автомобильных дизелей;

- ✓ эффективным способом повышения качества проведения ТО и Р автомобильных дизелей, а также снижения эксплуатационного расхода топлива и токсичности ОГ является качественное диагностирование их технического состояния;

- ✓ сложность диагностирования дизелей, 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 поиска неисправностей автомобильных дизелей работающих на малых и средних АТП, а также автоколонн, работающих в отрыве от производственных баз, целесообразна разработка эффективного метода диагностирования, перспективного в отношении массовой реализации, как в средствах внешнего, так и встроенного диагностирования;

- ✓ совершенствование оборудования для диагностирования позволит уменьшить трудоемкость и затраты на выполнение работ.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Описание объекта исследований

В качестве выбранного объекта исследований рассматривается топливная система и дизельный двигатель автомобиля, устанавливаемый на грузовых автомобилях КАМАЗ Российского производства.

Как отмечает Р.М. Баширов в своей монографии «Топливные системы автотракторных и комбайновых дизелей, конструкционные особенности и показатели работы» [9], принципиальная схема топливной системы включает в себя блок топливный бак, топливопроводы низкого давления, фильтр грубой очистки, топливоподкачивающий насос, фильтры тонкой очистки топлива и топливная система высокого давления.

К основным элементам топливной системы высокого давления относятся:

- топливный насос высокого давления (ТНВД);
- топливопроводы высокого давления;
- форсунки;

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).

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

С теоретической точки зрения [61] топливная система представляет собой совокупность последовательно соединенных элементов, отказ одного из которых способен привести к неисправности или полному отказу всей системы.

Исследования убеждают, 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. [53, с. 158] 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.

Значит 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.

Вывод. Выбор основных характеристик объекта исследования позволяет поэтапно проанализировать степень воздействия на элементы автомобиля и выявить достаточные условия для создания вероятно-логического метода воздействия на объект с целью поддержания функции работоспособности автомобиля и его топливной системы.

2.2. Режимы обеспечения работоспособности автомобиля и его топливной системы

По мнению Габитова И.И., существующая система технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей КАМАЗ в условиях АТП и дилерских станций технического обслуживания и ремонта характеризуется планово-предупредительным характером для всего автомобиля в целом, с учетом особенностей АТП и техническими воздействиями по возникновению отказов для топливной системы двигателя [16, с. 296].

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.

Стоит отметить, что все большее распространение получают системы Common Rail. Но из-за повышенной требовательности к чистоте и качеству дизельного топлива процесс охвата российского рынка невелик, хотя с каждым годом есть положительная динамика захвата рынка. С точки зрения диагностирования из-за чувствительности к топливу страдают управляемые электроникой форсунки с электромагнитными или пьезоэлектрическими клапанами. Попытки использовать низкокачественное топливо или неподходящие топливные фильтры могут привести к преждевременному дорогому ремонту или даже к замене системы. Но не только это является причиной. Другой более существенной особенностью является

использование в системе Common Rail большого числа разного рода датчиков, активаторов и иных элементов управления: датчик давления в рампе, датчик потока воздуха, датчики положений распредвала и коленвала, температурные датчики двигателя и входящего воздуха, датчик положения педали акселератора, датчик системы подогрева, соленоиды, клапан регулятор давления в рампе, клапан турбонадува и клапана рециркуляции выхлопных газов [6].

Следовательно, 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 алгоритма предложенного нами в п. 2.1. Нам понадобится 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 мы будем использовать накладной датчик давления топлива (конструкции усовершенствованной в главе 1). В результате получаем данные на мониторе, которые сигнализируют о решении по проведению профилактических работ в отношении топливной системы и двигателя в частности.

Вывод. Необходимо применение внутреннего диагностирования для топливной системы, которое позволит увеличить уровень надежности автомобильного парка и уменьшит потребность в технологическом оборудовании, а также позволит избежать неконтролируемых отказов топливной системы.

2.3. Целевая функция исследований

В процессе эксплуатации трущиеся сопряжения автомобиля изнашиваются, происходит разрегулировка его систем, узлов и агрегатов, т.е. изменяются значения его структурных параметров, непосредственно характеризующих исправность объекта диагностирования. К ним относят зазоры в сопряжении, величина износа поверхностей детали и другие параметры, измерение которых связано с необходимостью проведения разборочных

работ. Это повышает трудоемкость контроля и существенно снижает ресурс контролируемого агрегата. Последнее объясняется появлением дополнительного цикла приработки поверхностей контролируемого сопряжения.

Исходя из исследований Неговора А.В., изменение структурных параметров сопровождается изменениями параметров рабочих и сопутствующих выходных процессов автомобиля, которые могут наблюдаться и измеряться извне без разборки (или с частичной разборкой) контролируемого агрегата [66].

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.

В связи с этим Рачкин В.А. и Хайртдинов И.Н. [73, 85] отмечают, что для определения эффективности использования первого и второго методов составляют целевые функции, характеризующие зависимость издержек от периодичности диагностирования рассматриваемого элемента автомобиля. Минимум этих функций дает оптимальную периодичность диагностирования, которая определяет минимальные издержки на эксплуатацию и ремонт элемента, 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:

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

где C_1 – затраты на одно диагностирование;

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

Π – удельная чистая прибыль, приносимая автомобилем за 1 час эксплуатации;

$A_{un}(l)$ – 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 ;

$t_{\theta 1}$ – 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:

$$И_2(l) = l^{-1} [C_2 + C_I \cdot A_{ин}(l) + C_{II} \cdot A_{иа}(l) + \Pi \cdot (t_{B2} + t_c \cdot A_{ин}(l) + t_a \cdot A_{ин}(l))] + l \cdot C_{свд} / T_{свд}, \quad (2.2)$$

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.

По словам А.М. Харазова [83] 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:

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

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.

Однако, по мнению некоторых ученых, 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:

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

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, которые определяется из выражения:

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

Величина ΔC_{Σ} формируется из изменений удельных затрат элементов перечня ΔC_1 . 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 ΔC_{Σ} по всем элементам перечня [69] 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 внутреннего 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_{0i} , а с периодичностью ступени ТО L_i .

Издержки, соответствующие третьему методу диагностирования, определяют по формуле

$$И_3 = T_{\text{бк}}^{-1}(C_{\text{бк}} + C_{\text{пр}}) + C_{\text{п}} \cdot Q_{\text{в}} + П \cdot t_{\text{п}} \cdot Q_{\text{в}}, \quad (2.7)$$

где $T_{\text{бк}}$ – срок службы системы бортового контроля (СБК);

$C_{\text{бк}}$ – затраты (стоимость) СБК;

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

$Q_{\text{в}}$ – контролируемые части автомобиля, для которых будет произведен профилактический ремонт на каждую тыс. км пробега.

Применение внутреннего 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:

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

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

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

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:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{k-n} \Delta C_i + \sum_{i=1}^n \Delta C_i, \quad (2.10)$$

где k – общее количество элементов;

n – количество элементов с периодичностью близкой к оптимальной.

Величина $\Delta \tilde{N}_{\Sigma}$ формируется из изменений удельных затрат элементов перечня $\Delta \tilde{N}_1$. Ряд авторов отмечают, что любое увеличение удельных затрат одного элемента должно компенсироваться уменьшением суммарных удельных затрат другого элемента [45]. Желательно, чтобы эти изменения были минимальны. В качестве периодичности проведения ТО для группы операций выбирается такая периодичность $l_{0\Sigma}$, которая соответствует ми-

нимальным изменениям суммарных удельных затрат $\Delta\tilde{N}_\Sigma$ 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:

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

Распишем слагаемые целевой функции:

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

С учетом (7) целевую функцию (6) можно переписать:

$$C_{\Sigma\min} = \sum_{i=1}^k (C_{i\min} + C_{i\Pi} + \Delta C_i(l_{0\Sigma})) = \sum_{i=1}^k C_{i\min} + \sum_{i=1}^k C_{i\Pi} + \sum_{i=1}^k \Delta C_i(l_{0\Sigma}) \rightarrow \min. \quad (2.14)$$

Первое слагаемое в $\sum_{i=1}^k C_{i\min} + \sum_{i=1}^k C_{i\Pi} = \text{const}$, 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 [52, с. 131].

Для узлов подвергающихся саморегулированию издержки определяются по формуле

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

где T_{cc} – срок службы системы саморегулирования (СС);

C_{cc} – затраты (стоимость) СС;

$C_{\text{пр}}$ – 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 I_1 , I_2 , I_3 , I_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 [44, с. 131]. 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.

Повышение эффективности функционирования подвижного состава автотранспортного предприятия обеспечивается своевременным техническим обслуживанием и ремонтом на основе диагностирования автомобилей [86]. Однако не все предприятия обладают современным оборудованием для оценки технического состояния автомобилей, кроме того, периодичность контроля такова, что имеется возможность эксплуатации автомобилей с состоянием, требующим технического обслуживания (ТО) или текущего ремонта.

Вывод. Анализ целевой функции показывает, что изменение структурных параметров могут измеряться без разборки контролируемого агрегата. Необходимо только правильно установить диапазон измерения отклонений от нормативных и оптимизировать допустимую функцию периодичности проверки системы с уменьшением затрат на обслуживание элементов системы.

2.4. Вероятностно-логический подход к выявлению неисправностей автомобилей

Теоретическим и практическим вопросам контроля надежности различных механических объектов посвящено обширное количество научно-технических статей, брошюр, книг, монографий, справочных руководств и другой научно – технической литературы. Достаточно подробная информация по самым различным вопросам контроля показателей механической надежности исследуемых объектов содержится в справочниках.

Однако научно-техническая литература, посвященная разработке вероятностно-логических задач контроля показателей элементов автомобилей, практически отсутствует. Решению проблемы вероятностного и логи-

ческого подхода поиска и определения неисправностей посвящены работы авторов [3].

2.4.1. Вероятностно-логический метод как способ диагностики 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 [67] 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-шатунного и газораспределительного механизмов на начальном этапе поиска неисправностей.

Применительно к автомобилям КАМАЗ с дизельными двигателями 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-логический метод позволяет при использовании его 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 предлагаемом методе 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 метода, возможно, существенно сократить время на поиск неисправностей, возникающих при эксплуатации подвижного состава и повысить оперативность диагностирования.

Предлагаемый метод позволит оперативно проводить диагностирование, по результатам которого автомобиль может направляться в ремонт, а неисправности с нетрудоемкими операциями восстановления могут проводиться на линии. Данный метод 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.

Процесс изучения параметров и показателей системы при помощи контрольно-измерительного оборудования, приборов и инструментов и будем характеризовать его параметром Π_v (вероятностный), учитывая, что своевременно прекратить эксплуатацию автомобиля и подвергнуть его ремонту можно только в случае применения объективного инструментального диагностирования технического состояния. Определение без контрольно-измерительных приборов и инструментов диагностических параметров, поддающихся оценке с помощью органолептических методов или с применением отдельных средств и будем характеризовать его параметром Π_l (логический).

В частности применяется при:

- оценки (расчета), контроля и обеспечения показателей механической надежности топливной системы дизельных двигателей при её эксплуатации;
- создания различных автоматизированных контролирующих систем и диагностических комплексов.

Качественно оценить метод можно – по связи с факторами, характеризующими трудоемкость диагностирования, и количественно – по их влиянию (весомости) на основные показатели процесса диагностирования.

Как мы ранее уже и упоминали в вероятностно-логическом методе мы используем набор необходимых разработок в области диагностирования. Например, метод количественного сравнения возможен только в тех случаях, когда данные показатели имеют явно выраженный количественный характер, например число точек контроля, число встроенных датчиков, количество разрывов цепей, число унифицированных контрольных точек. В этих случаях данный метод удобен и точен.

Реализация возможностей диагностики на автомобильном транспорте является сложной задачей, для решения которой необходимы дальнейшие исследования её управляющих функции и производственный эксперимент.

Параметры выходных рабочих процессов, определяющих основные функциональные свойства объекта (например, тормозной путь, мощность двигателя, процент буксования сцепления и т.п.), дают обобщенную широкую информацию о состоянии механизмов в целом. Эта информация является основой для дальнейшей поэлементного диагностирования.

Параметры сопутствующих процессов (например, нагрев, шумы, вибрации и др.) дают более узкую информацию о техническом состоянии объекта диагностики. Они достаточно универсальны и широко применимы для поэлементного диагностирования сложных систем. Поэтому наш метод – вероятностно-логический имеет следующие преимущества: доступность диагностирования; легкость подключения приборов; возможность диагностирования без разрыва цепей; удобство работ; обеспеченность контроля встроенными датчиками; безошибочность подключения; унификацию контрольных точек; число контрольных точек; централизацию контроля; санитарно-гигиенические показатели; *без снятия крупногабаритных элементов* автомобиля

Вывод. Для определения причины отказа без разборки агрегата нам необходимо найти диагностические параметры с рациональными затратами на их поиск и максимально эффективными для устранения неисправности. Это сочетается при исследовании проблемы с помощью логических правил опирающихся на вероятные гипотезы отказа и включающие анализ на основе встроенного диагностирования.

2.4.2. Система коэффициентов вероятностно-логического метода

Эффективное применение и развитие диагностики на АТП требуют дальнейшего совершенствования ее режимов, нормативных показателей, методов, средств, технологических процессов и организации, а также повышения контролепригодности автомобилей. Все это в комплексе и является содержанием теоретических основ диагностики.

Поэтому для создания работоспособной модели системы коэффициентов, нам необходимо достигнуть оптимальности взаимодействия между объективным и субъективным диагностированием по выявлению неисправностей дизелей.

Критериями оптимальности выявления неисправности могут служить:

- минимальные удельные суммарные затраты системы;
- минимальная удельная трудоёмкость;
- максимальная средняя наработка на отказ системы;
- вероятность отказа системы;
- коэффициент технической готовности.

Необходимо достичь оптимизации периодичности контроля, индивидуальной корректировки ТО и ТР при проведении диагностических мероприятий.

Управляющие функции процессов и средств диагностирования носят производственный и инспекционный характер. Они основаны на оптимизации режимов регламентного контроля, регулировании технологических потоков обслуживаемых автомобилей путем отсортировки ремонтного фонда, индивидуальном корректировании объемов регламентного обслуживания и ремонта; проверке качества выполненного ТО и ТР автомобилей. Эти функции реализуются в производстве на основе информации о техническом состоянии автомобиля с помощью средств внешнего диагностирования, которое мы будем корректировать с помощью коэффициентов. Необходимость в закономерности изменения параметров технического состояния автомобиля обусловлено получением контролепригодной модели коэффициентов. Которая в свою очередь опирается на нормативы и оптимальную взаимосвязь между параметрами диагностирования. Поэтому нам необходимо обобщенное логическое или аналитическое описание наиболее важных свойств объекта диагностирования.

Объект диагностирования будем рассматривать как преобразование вводимых в объект величин Y в величины реакции объекта Z . Работа объекта диагностирования:

$$Z = A \cdot Y, \quad (2.16)$$

где Z – результат выходных величин;
 A – оператор объекта;
 Y – входные величины для диагностики.

Объект в данном случае имеет конечное количество состояний №, то:

$$Z(i) = A(i) \cdot Y, \quad (2.17)$$

где $A(i)$ – оператор объекта диагностирования в случае i -го отказа.

Исходя из формулы полной вероятности события для нахождения A :

$$P(A) = \sum_{i=1}^{\infty} P(B_i) \cdot P(AB_i), \quad (2.18)$$

где B_1, B_2, \dots , – количество проверок необходимое для нахождения параметров характеризующих отказ системы;

A – оператор объекта диагностирования в случае отказа.

При подходящем выборе гипотез для события A могут быть сравнительно просто вычислены $P(AB_i)$ (вероятность событию A произойти при выполнении «гипотезы» B_i) и собственно $P(B_i)$ (вероятность выполнения «гипотезы» B_i). Получается, что если отказы происходят, то для их нахождения нам понадобится за наработку X найти интересующие параметры с

помощью наибольшего количества проверок, увеличения датчиков или нахождения логической функции отвечающей за выбор количества проверок и наиболее рациональный путь для получения функции, что приведет к уменьшению количества датчиков системы и позволит экономить средства. Предположим что существует некое конечное количество проверок и вероятность события, $P(A)$ тогда запишется как:

$$P(A) = \frac{B(x)}{B_j \cdot n}, \quad (2.19)$$

где $B(x)$ – число проверок изделия за наработку X ;

n – общее число отказов изделия;

B_j – минимально необходимое количество проверок на один отказ.

Набор значение B_j можно представить как некоторую функцию, которая позволяет характеризовать надежность системы уравнение будет задано для всей совокупности проверок и задаваться конечным числом переменных, которые будут принимать значения от 1 до z , где z – целое число при котором использования проверок не рационально, так как затраты на диагностику превышают стоимость замены элемента на новый:

$$B_j(z) = \left\{ \begin{array}{l} B_j \in 1 \dots z \\ z = f(P) \end{array} \right\}, \quad (2.20)$$

где P – параметры системы.

Который для каждого элемента можно записать как:

$$P_j = \frac{\sum M_j}{\sum n_j}, \quad (2.21)$$

где $\sum M_j$ – совокупность элементов, которая помогает находить параметр значение P ;

$\sum n_j$ – сумма отказов одного элемента.

Чем больше параметров системы мы будем знать за одну проверку тем более быстрее мы придем к результату диагностики – нахождения причины отказа, но для постановки диагноза нахождения причины отказа элемента топливной аппаратуры используются несколько диагностических параметров, что усложняет процесс значительно. Поэтому для решения данной задачи в данном случае необходимо на основе данных о надежности объекта выявить связи между его наиболее вероятными неисправностями и используемыми диагностическими параметрами.

Нахождение параметров можно представить в виде диагностической матрицы представляет собой логическую модель, описывающую связи между диагностическими параметрами $L(\Pi)$ и возможными неисправностями A объекта.

Диагностические параметры	Возможные неисправности		
	A ₁	A ₂	A ₃
П ₁	1	0	0
П ₂	0	1	0
П ₃	1	0	1
П ₄	0	1	1

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 норматив, существованию одной из неисправностей. Так, в рассматриваемом примере имеем: неисправность A₁ возникает в случае одновременного выхода за норматив параметров П₁ и П₃, неисправность П₂ – параметров П₂ и П₄, и неисправность A₃ – параметров П₃ и П₄.

Получается весь процесс диагностирования (параметр П) представляет собой зависимость между нахождением вероятными неисправностями и логическим отбора необходимых диагностических параметров, тогда полная вероятность события заключаемая в нахождении неисправности элемента топливной аппаратуры, можно описать как:

$$П = П_{в} + П_{л}, \quad (2.22)$$

где П_в – параметр вероятностного диагностирования;

П_л – параметр логического диагностирования.

Одним из способов определения необходимых параметров для оценки системы является введение в рассмотрение вероятностных характеристик. Наиболее логическое описание объекта и тем самым инструмент для отслеживания объекта – коэффициент вероятностно-логического метода (коэффициент объективности):

$$K_{вл} = П_{в}/П = П_{в}/(П_{в} + П_{л}) = 1/(1 + П_{л}/П_{в}). \quad (2.23)$$

Преимущества данного коэффициента заключается в том, что при уменьшении количества датчиков и логическом поиске неисправностей для нахождения необходимых параметров системы, мы получаем снижение затрат за счет отказа дорогостоящего оборудования на обслуживание датчиков и их установки на автомобили. Следовательно, чем ниже K_{вл}, тем эффективнее работает наш метод. Найдем значения П_в и П_л, что бы посчитать коэффициент K_{вл}.

Событие N (из-за чего произошел отказ системы) может произойти из факта A (возникновения неисправности), а также из совокупности незави-

симых неисправностей A_1, A_2, \dots, A_i , объединённых логическими операциями – «и» (\wedge) присутствуют одновременно, «или» (\vee) – присутствует одна из неисправностей обусловленная схожестью диагностических параметров, «не» (\neg) – присутствует неисправность исключая возможность существования другой. Например, вывод события N по схеме «и» запишется следующим образом

$$A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_i \rightarrow N \quad (2.24)$$

По схеме «или» запишется как

$$A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_i \rightarrow N \quad (2.25)$$

При выводе может использоваться любая совокупность логических операций, например,

$$A_1 \wedge A_2 \neg A_4 \rightarrow N \quad (2.26)$$

Это выражение читается следующим образом: если имеем события A_1 и A_2 исключая A_4 , то в результате – событие найдем N (из-за чего произошел отказ).

Однако не всегда наличие случайных независимых событий A_1, A_2, \dots, A_i в любом случае приводит к возникновению события N . В некоторых случаях выявить все факторы, влияющие на возникновение события N , невозможно, либо для выявления полной картины возникновения события N потребуются значительные ресурсы, что является неоправданным. Поэтому дополним правила логического вывода условием, при котором оно задействуется, – вероятностью выполнения правила $P(A \rightarrow N)$. Тогда вывод события N с вероятностью выполнения правила будем записывать как:

$$A \xrightarrow{P} N, \quad (2.27)$$

где P – вероятность выполнения правила.

Правило будет действовать, если выполнится неравенство

$$P(A \rightarrow N) \leq \Pi_{л}, \quad (2.28)$$

где $\Pi_{л}$ – параметр логического диагностирования, которое может принимать значения в интервале $(0, 1]$.

Получается:

$$\Pi_{л}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in Q \\ 0, & \text{если } x \notin Q \end{cases}, \quad (2.29)$$

где Q – некоторое множество ограниченное условиями диагностики.

Из теории надёжности известно, что если отказы элемента имеют случайный характер, т.е. наработка на отказ элемента имеет экспоненциальное распределение ($\nu=1$), то элемент не может быть *профилактируемым*. Обозначим степень принадлежности элемента x_i к множеству $R(x)$ – чем меньше значение коэффициента вариации ν , тем больше должно быть значение показателя $R(Q)$. Для правила 2.28 степень принадлежности $R(x)$ определится через функцию:

$$\Pi_{\text{п}}(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ если } \nu(x) \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot \nu(x), \text{ если } \nu(x) \in (0,3; 0,8), \\ 1, \text{ если } \nu(x) \leq 0,3 \end{array} \right\}. \quad (2.30)$$

Тогда событие представим:

ЕСЛИ $V_i(x) = \text{малое}$, ТОГДА $\Pi_{\text{п}}(x) = \text{большое}$ (принимает значения 0,71 до 1);

ЕСЛИ $V_i(x) = \text{среднее}$, ТОГДА $\Pi_{\text{п}}(x) = \text{среднее}$ (принимает значения 0,5 до 0,71); (2.30)

ЕСЛИ $V_i(x) = \text{большое}$, ТОГДА $\Pi_{\text{п}}(x) = \text{малое}$ (принимает значения 0 до 0,5).

где $V_i(x)$ – количество датчиков системы считывающих параметры.

Значение $V_i(x) = \text{малое}$ – используется не более 2-х датчиков включительно.

Значение $V_i(x) = \text{среднее}$ – используется от 3-х до 5 датчиков включительно.

Значение $V_i(x) = \text{большое}$ – используется более 5 датчиков включительно.

Чем большее количество датчиков у системы, тем меньше необходимо применение логического аппарата для вычисления параметров диагностики, но с другой стороны больших затрат на их покупку, переоборудование автомобиля и закуп необходимых диагностических комплексов для считывания информации.

С другой стороны для диагностирования топливной системы дизельного двигателя мы используем датчик то, нижний доверительный предел \underline{P}_{γ} вероятности безотказной работы датчика с уровнем значимости $1-\gamma$ (где γ – доверительная вероятность) и значение среднеквадратического отклонения σ_P вероятности P определяются по формулам:

$$\underline{P}_{\gamma} = P \left[1 - \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{P_i}{P}\right)^2} \right] \quad (2.31)$$

где \underline{P}_i – нижний доверительный предел вероятности безотказной работы P_i i -го элемента датчика.

$$\sigma_P = P \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{\sigma_{P_i}^2}{P_i^2}} \quad (2.32)$$

где σ_{P_i} – среднеквадратическое отклонение вероятности безотказной работы P_i i -го элемента датчика.

В случае характеристики механической надежности элемента, или датчика в целом одним определяющим параметром x , являющимся случайной величиной, вероятность их безотказного функционирования определяется по формуле:

$$P(x^{KP} - x^D = u > 0) = \int_0^h \varphi(u) du, \quad (2.33)$$

где $\varphi(u)$ – композиция плотностей вероятностей случайных величин x^{KP} и x^D ;

h – некоторый предел случайных величин x^{KP} и x^D , вычисляемый в зависимости от закона их распределения.

Для случая, когда надёжность элемента, узла или датчика в целом характеризуется одновременно несколькими определяющими параметрами (например, для датчика давления это могут быть одновременно и прочность корпуса x_1 , и герметичность корпуса x_2 , и чувствительность мембраны x_3 и др.), используется многомерная модель отказа. Тогда условие безотказности принимает вид

$$\left. \begin{aligned} &P(x_1^{KP} - x_1^D = u_1 > 0) \\ &P(x_2^{KP} - x_2^D = u_2 > 0) \\ &\dots\dots\dots \\ &P(x_N^{KP} - x_N^D = u_N > 0) \end{aligned} \right\}, \quad (2.34)$$

где N – число определяющих параметров $x_j (j = \overline{1, N})$, которые используются при построении многомерных моделей отказов датчика в целом, его элементов и узлов.

Тогда параметр Π_v имеет право на существования при выполнении условий изложенных выше и когда, определяющие параметры x_j датчиковой аппаратуры из условий безотказной работы, описанной автором

Баженовым А.П., вычисляются по вероятности безотказной работы датчика $P(D)$ с ошибкой порядка 2–8 % от значения $1-P$:

$$P(D) = \prod_{j=1}^N P_j + (P_{j_{\min}} - \prod_{j=1}^N P_j) K_N = \prod_{j=1}^N F(h_j) + \left[F(h_j)_{\min} - \prod_{j=1}^N F(h_j) \right] K_N, \quad (2.35)$$

где $F(h_j)_{\min}$ – минимальная оценка $F(h_j)$;

$$K_N = \frac{2}{\pi C} \sum_{i \setminus j} \arcsin r_{ij}; \quad (2.36)$$

здесь r_{ij} – оценка коэффициента взаимной корреляции определяющих параметров $x_{ij}^{KP} \neq$ и x_{ij}^D (между параметрами x_j); индекс « $i \setminus j$ » под знаком суммы означает число всех возможных парных сочетаний величин x_j при условии безотказности, число таких сочетаний $C = N(N-1)/2$.

$$\Pi_B = P_i(D) \cdot P_{i-1}(D) \dots \cdot P(\Pi) \cdot P(M), \quad (2.37)$$

где $P_i(D)$ – вероятность правильного показания i -го датчика – при технически исправном его состоянии – значение порядка 0,995;

$P(\Pi)$ – вероятность необходимости поиска неисправности с помощью методов вероятностного анализа – значение порядка 0,95;

$P(M)$ – вероятность правильного алгоритма поиска неисправности 0,9–0,95 (в зависимости от метода).

ЕСЛИ $\Pi_{\text{л}}(x) =$ малое, ТОГДА $P(\Pi) =$ большое (принимает значения 0,75 до 0,95);

ЕСЛИ $\Pi_{\text{л}}(x) =$ среднее, ТОГДА $P(\Pi) =$ среднее (принимает значения 0,45 до 0,75);

ЕСЛИ $\Pi_{\text{л}}(x) =$ большое, ТОГДА $P(\Pi) =$ малое (принимает значения 0 до 0,45).

Тогда в нашем случае получим

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

Аналогично, можно посчитать для каждого метода.

Если принять во внимание, что:

1. 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.

2. Логический – основан на анкетировании 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 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.

То при создании вероятностно-логического мы получим метод, который позволяет узнавать информацию о состоянии большинства элементов системы одновременно в виде построения графика не прибегая к перебору проверок диагностических параметров элементов отдельно. Реализация данного метода предполагает установить на автомобиль систему самодиагностики для наиболее часто выходящих из строя элементов. Для дизельного двигателя таким элементом является топливная система высокого давления. Это объясняется в основном качеством используемого топлива.

На примере двигателя это будет выглядеть следующим образом. При обнаружении снижения мощности после проведения экспресс-диагностирования или по заявке водителя автомобиль направляется на диагностику 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 для этой модели. 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. Данный метод позволяет экономить время на поиск неисправности внутри топливной системы с любой вероятностью их возникновения, что качественно отличает предложенный метод от вероятностного. А также снижает влияния человеческого фактора по сравнению с логическим методом.

Вероятно-логический метод следящего контроля обладает преимуществом перед сочетаниями методов. Максимальное удешевление возможно при применении схемы аналогичной системы встроенного диагностирования. Это позволяет применять одну систему диагностирования на не-

сколько автомобилей одного или нескольких классов и типов подвижного состава.

Такая схема возможна как в стационарном, так и в мобильном варианте. При этом методе допустимо частичное размещение датчиков на труднодоступные узлы и агрегаты автомобиля.

Для определения величины влияния стоимости введем коэффициент издержек вероятностно-логического метода.

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

$$I_{\text{бд}} = l^{-1} [C_I \cdot Q_{\text{ип}}(l) + C_{II} \cdot Q_{\text{ир}}(l) + \Pi \cdot (t_n \cdot Q_{\text{ип}}(l) + t_p \cdot Q_{\text{ир}}(l))], \quad (2.38)$$

где C – затраты на одно диагностирование;

C_I и $C_{II}^{\text{д}}$ – соответственно затраты на профилактическое техническое обслуживание и аварийный ремонт элемента;

Π – удельная чистая прибыль, приносимая автомобилем за 1 час эксплуатации;

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

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

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

$t_{\text{п}}$ и $t_{\text{р}}$ – соответственно время, отведенное на профилактическое техническое обслуживание и аварийный ремонт элемента.

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

$$I_{\text{в-лд}} = l^{-1} [(C_{\text{всд}} + C_{\text{првсд}}) + C_{II} \cdot Q_{\text{ир}} + \Pi \cdot t_p \cdot Q_{\text{ир}}], \quad (2.39)$$

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:

$$K_{\text{и-в-л}} = \frac{I_{\text{в-лд}}}{I_{\text{бд}}} \quad (2.40)$$

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

$I_{\text{бд}}$ – издержки без диагностирования.

Тогда коэффициент издержек для встроенной системы диагностирования определится по формуле

$$K_{\text{и-в-л}} = \frac{(C_{\text{всд}} + C_{\text{првсд}}) + C_{II} \cdot Q_{\text{ир}} + \Pi \cdot t_p \cdot Q_{\text{ир}}}{C_I \cdot Q_{\text{ип}} + C_{II} \cdot Q_{\text{ир}} + \Pi \cdot (t_n \cdot Q_{\text{ип}} + t_p \cdot Q_{\text{ир}})}. \quad (2.41)$$

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

Исходя из определенных нами коэффициентов (табл. 2.1) вероятностно-логического метода рассмотрим стратегии диагностирования к автомобилям КАМАЗ с дизельными двигателями и многоплунжерными насосами.

Т а б л и ц а 2 . 1

Анализ коэффициентов вероятностно-логического метода

Метод	$K_{и}$	$K_{вл}$
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-логического метода диагностирования	0,1	0,19
Использование саморегулирующих средств	0,32	0,1

Исходя из анализа таблицы мы видим, что наиболее приемлемым методом в нашем случае является диагностирование с применением вероятностно-логического метода диагностики, что позволяет не только существенно снизить затраты, но и отыскать причину неисправности. При внедрении диагностирования на малом АТП наиболее применим вероятностно-логический метод поиска неисправностей используя, встроенное диагностирование.

Вывод. Правила поиска неисправностей можно модифицировать в коэффициенты вероятностно-логического метода, что позволяет оценить различные стратегии подходов диагностирования и выбрать оптимальный для каждого АТП. Выведенные коэффициенты позволяют нам описать сложный процесс между параметрами, а также создать комбинированный метод принятия решений с использованием конечных данных в виде решения коэффициентов в вероятностно-логической модели. Анализ значений коэффициентов позволяет нам выбрать исходные данные для эксперимента.

Выводы по второй главе

1. При проведении теоретических исследований выдвинуто предположение, что по мере эксплуатации автомобиля и увеличения его пробега с начала эксплуатации, стоимость работ по выявлению отказов и стоимость восстановления работоспособности автомобиля не остаются постоянными, а возрастают. При этом стоимость восстановления работоспособности увеличивается более интенсивно, чем стоимость диагностирования.

2. Диагностирование дизелей должно содержать в себе оптимальное соотношение вероятностной и логической составляющей предложенного метода.

3. Разработаны коэффициенты вероятностно-логического метода для изучения рационального диагностирования дизелей разными стратегиями.

4. Разработаны общие принципы поиска неисправностей, отличающиеся от существующих подходов тем, что определение неисправностей осуществляется при помощи внутреннего диагностирования с возможным последующим перебором;

5. Предложен вероятно-логистический метод поиска неисправностей преимуществом которого является количественная характеристика перехода от вероятностного к логическому методу поиска неисправностей, а также известен вклад каждого элемента в достижение минимальных удельных затрат группы элементов, что даёт возможность обоснованно принимать решение о неисправности того или иного элемента;

6. Теоретически установлено, что параметры надежности всей системы ниже параметров надежности любого из ее элементов.

7. Анализ коэффициентов позволяет принимать необходимые решения при использовании вероятностно-логической модели на каждом АТП в наиболее приемлемой степени точности измерения необходимых диагностических величин.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Общая методика исследований

Экспериментальные исследования проводились с целью сбора данных для формирования модели эксплуатационной надёжности, а также практической апробации теоретической методики, разработанной во второй главе. Для этого эксперимент проводился на двух различных предприятиях автомобильного транспорта: УДС № 5 г. Рязани и ООО «Опора +» г. Пензы.

Структурная схема методики экспериментальных исследований приведена на рис. 3.1. В соответствии с этой методикой на первом этапе производился выбор и обоснование объектов исследования, выбор плана проведения испытаний и определение объёма статистических наблюдений.

На втором этапе производился анализ организации работы предприятий, на которых проводился эксперимент, их документооборота, систем учёта и информационного обеспечения. Для проведения экспериментальных исследований на предприятии должен быть налаженный документооборот, позволяющий получать достоверную информацию по отказам и неисправностям, выполняемым работам ТО и ремонта, их трудоёмкости. Производственно-техническая база предприятия, на котором проводится эксперимент, оснащение технологическим оборудованием и инструментом, нормативно-технологическое обеспечение должно обеспечивать качественное и своевременное выполнение ТО и ремонта испытуемого объекта.

На третьем этапе на основе теоретических исследований определялся качественный состав необходимой информации, которую нужно получить в ходе пассивного эксперимента. Состав этой информации следующий:

- количественные характеристики безотказности элементов объектов эксплуатационных испытаний;
- количественные характеристики ремонтпригодности элементов объектов эксплуатационных испытаний;
- данные о стоимости элементов структуры объектов эксплуатационных испытаний;
- экспертные знания о формировании отказов и неисправностей, о взаимосвязи элементов структуры объектов эксплуатационных испытаний.
- Система информационного обеспечения методики экспериментальных исследований максимально унифицировалась с системой информационного обеспечения, действующей на предприятиях, на которых проводился эксперимент.



Рис. 3.1. Структурная схема методики экспериментальных исследований

Пассивный эксперимент заключался в получении информации о безотказности и ремонтпригодности автомобилей КАМАЗ.

Затем проводилась подготовка данных для проектирования программного продукта.

Вывод. необходимо создать экспериментальную базу из отказов для элементов автомобилей использования вероятностно-логической стратегии на малых АТП и следовать пунктам общей методики исследования.

3.2. Обоснование плана и объема исследований

Произведем обоснование плана и объема испытаний. Сложившаяся на автомобильном транспорте система сбора и обработки информации по эксплуатационной надёжности основана на системе ГОСТов. Существует ряд рекомендательных документов, которые отражают этапы создания подконтрольных выборок автомобилей, их объёмы, требования к ним и т.д. Эти документы послужили основой для разработки методики эксплуатационного эксперимента.

На автомобильном транспорте часто используют план испытаний NRT по ГОСТ 27.502, где N – число объектов в выборке; R – отказавшие изделия не восстанавливаются, а заменяются; T – наработка на критерий прекращения испытаний. В плане NRT неизвестными являются две величины – число объектов наблюдений и величина критерия прекращения испытаний. Согласно ГОСТ 27.502 объём выборки зависит от вида закона распределения наработки на отказ, доверительной вероятности β и относительной ошибки δ .

Наработки на отказ в гарантийный период по данным обычно подчиняются экспоненциальному закону распределения или близкому к нему. Коэффициент вариации ν в этом случае равен 0,8–1,2. Экспоненциальное распределение является частным случаем распределения Вейбулла, поэтому для автомобилей при определении объёма подконтрольной выборки за основное распределение берём распределение Вейбулла.

Тогда N будет определяться по параметрическому методу по формуле

$$(\delta + 1)^b = \frac{2N}{\chi_{1-\beta; 2N}^2}, \quad (3.1)$$

где δ – относительная ошибка;

b – параметр формы распределения Вейбулла;

$\chi_{1-\beta; 2N}^2$ – квантиль распределения, соответствующей доверительной вероятности β и числу степеней свободы $2N$.

Коэффициент вариации ν связан с параметром формы b распределения. По данным коэффициент вариации ν распределения Вейбулла находится в интервале 0,33–1,0. Это соответствует параметру формы b в пределах 0,3–0,5–1,0.

Величина доверительной вероятности β выбирается из ряда – 0,8, 0,9, 0,95, 0,99. Для нашего случая примем $\beta = 0,9$. Воспользовавшись таблицами, найдем величину N зависимости от относительной ошибки δ .

При $\delta = 0,1$ минимальный объём выборки $N_{\text{м}}$ для проведения эксплуатационных испытаний равен 46.

На случай непредвиденных ситуаций при подконтрольной эксплуатации и повышения точности результатов минимальный объём выборки

рекомендуется увеличивать на 5 %. Поэтому увеличим исходную расчётную минимальную выборку. Примем окончательный объём выборки не менее 48 для проведения испытаний на безотказность автомобилей.

Выбор топливной системы в качестве предмета исследования объясняется следующими причинами. Топливная система является относительно сложным агрегатом, однако значительно проще, чем двигатель, что облегчает анализ её надёжности.

Автомобили, на которых были установлены топливной системы, выполняли перевозку строительных материалов и сыпучих грузов в г. Пензе и Рязани. В целом эксплуатация автомобилей КАМАЗ поводилась в соответствии с «Руководством по эксплуатации» и «Положением ...». Техническое обслуживание выполнялось в полном объёме. Замена масла производилась регулярно.

Вывод. Согласно подконтрольной выборки нам необходимо по каждому направлению произвести 48 испытаний на безотказность автомобилей и сделать отбор для дальнейшего анализа с помощью вероятностно-логического метода.

3.3. Общее назначение и цели выполнения экспериментальных исследований

В процессе проведения экспериментальных исследований по сбору статистического материала по отказам элементов автомобилей КАМАЗ, кроме отказов по двигателю, рассматривались отказы по трансмиссии, ходовой части, тормозной системе, рулевому управлению и электрооборудованию.

Для анализа были взяты автомобили с пробегом до 400000 километров пробега с годом выпуска 2001–2003.

Среди всех вышедших из строя элементов отказы по двигателю, трансмиссии, ходовой части, тормозной системе, рулевому управлению и электрооборудованию распределились следующим образом: двигатель – 39 %, трансмиссия – 18 %, электрооборудование – 9 %, тормозная система – 16 %, рулевое управление – 3 %, гидравлическая система – 6 %, кузов – 1 %.

Собранные статистические материалы позволили выявить, что значительная часть отказов, по своим проявлениям диагностическим показателям указывает на отказы и неисправности в системе высокого давления подачи топлива. Вместе с тем более детальная обработка материалов и проведенные работы по диагностированию и выявлению причин неисправностей позволила сделать заключение, что 39 % отказов действительно относятся к отказам по двигателю, а 38,5 % из них – отказы и неисправности в системе высокого давления подачи топлива.

Так, например, практика работы с автомобилями КАМАЗ позволила выявить, что частый ремонт ТНВД приводит к выходу из строя трубопро-

вода высокого давления около 7 %. Однако эти неисправности устраняются небольшими разборочно-сборочными работами и не требуют технических воздействий на топливную систему высокого давления.

Отказы по ходовой части в очень большой степени связаны с условиями эксплуатации и пробегом автомобилей. Анализ отказов и их распределение по элементам ходовой части позволили выявить, что около 50 % отказов приходится на неисправности, связанные с выходом из строя задних рессор и реактивных штанг; по 10 % – выход из строя балки передней оси, амортизаторы передней оси, и 20 % передних рессор.

Учитывая, что количество отказов возрастает с увеличением пробега автомобиля с начала эксплуатации, был проведен специальный анализ имеющихся статистических данных, который позволил установить зависимость нарастания отказов от года эксплуатации автомобиля и пробега. Исходные данные были получены в результате обработки статистической информации, собранной в Пензе и Рязани.

Анализ отказов трансмиссии дал возможность получить их распределение. При этом в процессе эксплуатации автомобилей наиболее часто наблюдаются отказы межосевого карданного вала (36,4 %), синхронизаторов делителя, главная передача среднего моста (по 18,2 %).

Далее на третьей позиции по количеству отказов соответствующему 9,1 % приходится на привод спидометра, пневмогидроусилитель, подшипник выжимной. Обычно наибольшее их количество (2/3) вызвано работой в тяжелых условиях эксплуатации.

Тормозная система у большинства грузовых автомобилей пневматическая, тем не менее наибольшее количество отказов по 23,5 % приходится на тормозные накладки, 17,6 % приходится на компрессор двухцилиндровый. По 11,8 % выходов из строя приходится на тормозной барабан разжимные кулаки и энергоаккумулятор. Кронштейн энергоаккумулятора, трубопроводы, главный тормозной кран и опорный диск суппорта дают по 7,1 % отказов.

Отказы и их распределение по элементам электрооборудования позволили выявить, что по 25 % отказов приходится на неисправности, связанные с выходом из строя генераторов, стартера, проводки рамной, электромотора отопления кабины.

Анализ отказов гидравлического привода подъемом кузова показал, что в процессе эксплуатации автомобилей наиболее часто наблюдаются отказы насоса НШ-32 (80 %), и 20 % приходится на выход из строя цилиндра гидроподъемника.

С целью получения дополнительной информации об отказах систем управления работой двигателями и уточнения исходных статистических материалов, вторая часть экспериментальных исследований проводилась в

фирменных сервисных центрах технического обслуживания автомобилей КАМАЗ.

Эксплуатируемые в Пензе и Рязани грузовые автомобили проходят работы по техническому обслуживанию, диагностированию и ремонту на автотранспортных предприятиях.

Сложность получения достоверной информации дополнительно связано с тем, что, как правило, в регионе имеется несколько СТОА, выполняющих аналогичные работы по ТО и ремонту.

Вместе с тем, при выполнении исследований необходимо было провести изучение отказов элементов топливной системы и выявить основные причины их возникновения. В связи с изложенным, для выполнения работы потребовалось сбор статистических данных по отказам и неисправностям элементов дизельных топливных систем автомобилей КамАЗ и МАЗ при их эксплуатации в различных условиях.

Цель проведения экспериментальных исследований преследовала выявление наиболее слабых элементов дизельных топливных систем, определения их среднего ресурса в эксплуатации и степени влияния на работоспособность всей системы, разработку мероприятий по выявлению и отказов при эксплуатации.

Дополнительно при выполнении исследований необходимо было провести сравнение статистических материалов при эксплуатации автомобилей в различных условиях.

В ходе эксперимента было важно учесть климатические условия, обеспеченность сервисных предприятий достаточным технологическим оборудованием и квалифицированным ремонтным персоналом. По этим причинам для экспериментальных исследований поставлена задача о проведении эксплуатационных исследований на автотранспортных предприятиях Пензы и Рязани.

Вывод. Собранные статистические материалы показывают, что значительная часть отказов, по своим проявлениям диагностическим показателям указывает на отказы и неисправности в системе высокого давления подачи топлива. Необходим дальнейший анализ с обоснованными характеристиками объекта исследования и методики проведения исследований.

3.4. Характеристика объекта исследований и методика проведения исследований

В начальный период при проведении экспериментальных исследований в качестве объекта принята дизельная топливная аппаратура грузовых автомобилей российского и белорусского производств КамАЗ.

Анализ парка дизелей в нашей стране, показывает, что подавляющее большинство они оборудованы системами старого образца, более того, новые грузовые автомобили, выпускаемые в нашей стране, оборудуются механическими многоплунжерными ТНВД и позволяют выполнять нормы токсичности Евро I, II.

По этим причинам в процессе сбора статистических материалов потребовалось анализировать топливную систему в целом и учитывать конструкционные различия между ними. При этом объект исследований (топливная система) рассматривалась как система, состоящая из самого ТНВД и его устройств, представляющих прецизионные пары и исполнительные устройства.

С целью получения наибольшего объема информации об исследуемых объектах дизельной топливной системы грузовых автомобилей методикой исследований предполагалось провести изучение всех обращений на АТП по грузовым автомобилям Российского производства при отказах элементов дизельной топливной системы.

Методика исследований предполагала регистрацию моделей автомобилей, моделей (типов) двигателей, года выпуска автомобилей, пробега сначала эксплуатации, характеристик проявления отказов при эксплуатации, определение возможных причин появления отказов, а также дополнительных данных, позволяющих дать углубленную характеристику выявленному отказу элементов дизельной топливной системы.

Методика экспериментальных исследований должна была также выявить особенности в отказах элементов дизельной топливной системы при эксплуатации автомобилей в условиях России.

К рассмотрению принимались только автомобили АТП (без учета восстановления отказов в ремонтных мастерских), поэтому основная выборка автомобилей составлена из подвижного состава, выпущенного в 2001–2003 годах.

Вывод. Предложенная методика исследований в полной мере позволит узнать, когда и почему происходит отказ в топливной системе дизеля и позволит правильно применять статистические данные для анализа отказов элементов дизельной системы.

3.5. Анализ статистических данных по отказам элементов дизельной топливной системы при эксплуатации автомобилей КАМАЗ в условиях Пензы и Рязани

Экспериментальные исследования по сбору, анализу и обработке данных об отказах и неисправностях системы питания дизельным двигателем, выполненные в г. Пензе и г. Рязани позволили сделать ряд выводов, характеризующих особенность эксплуатации автомобилей на территории РФ.

Данные, приведенные в прил. 1, указывают на не существенные различия в появлении отказов в процессе эксплуатации автомобилей в условиях г. Пензы и г. Рязани.

Следовательно, фактическое количество отказов и неисправностей в г. Пензе и г. Рязани примерно одинаковое.

Анализ условий хранения и пуска автомобилей в г. Пензе позволил установить следующие данные:

- 1) на открытых организованных стоянках – 85 %;
- 2) в закрытых неотапливаемых гаражах и боксах 15 %;

Анализ условий хранения и пуска автомобилей в г. Рязани позволил установить следующие данные:

- 1) на открытых организованных стоянках – 78 %;
- 2) в закрытых неотапливаемых зонах ТО и ТР 22 %;

В выполненных исследованиях получены пробеги, на которых происходили отказы элементов в процессе эксплуатации автомобилей КАМАЗ (прил. 1, 2).

Выявленные отказы по автомобилям позволили получить закономерности распределения отказов по пробегам. При этом для элементов, отказы по которым имели небольшое количество, обработка информации велась в условиях ее недостатка. В результате выполненных расчетов для элементов топливной системы получены следующие показатели характеристик надежности (табл. 3.1, 3.2), (рис. 3.2, 3.3).

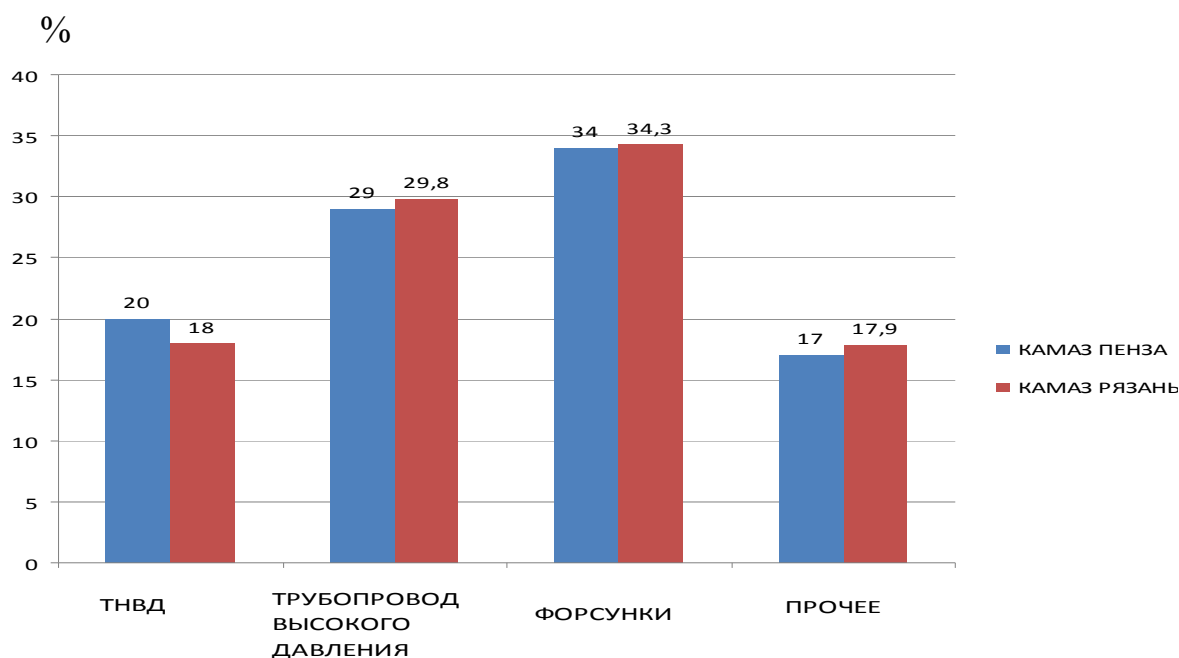


Рис. 3.2. Диаграмма основных неисправностей КАМАЗ для планово-предупредительной стратегии

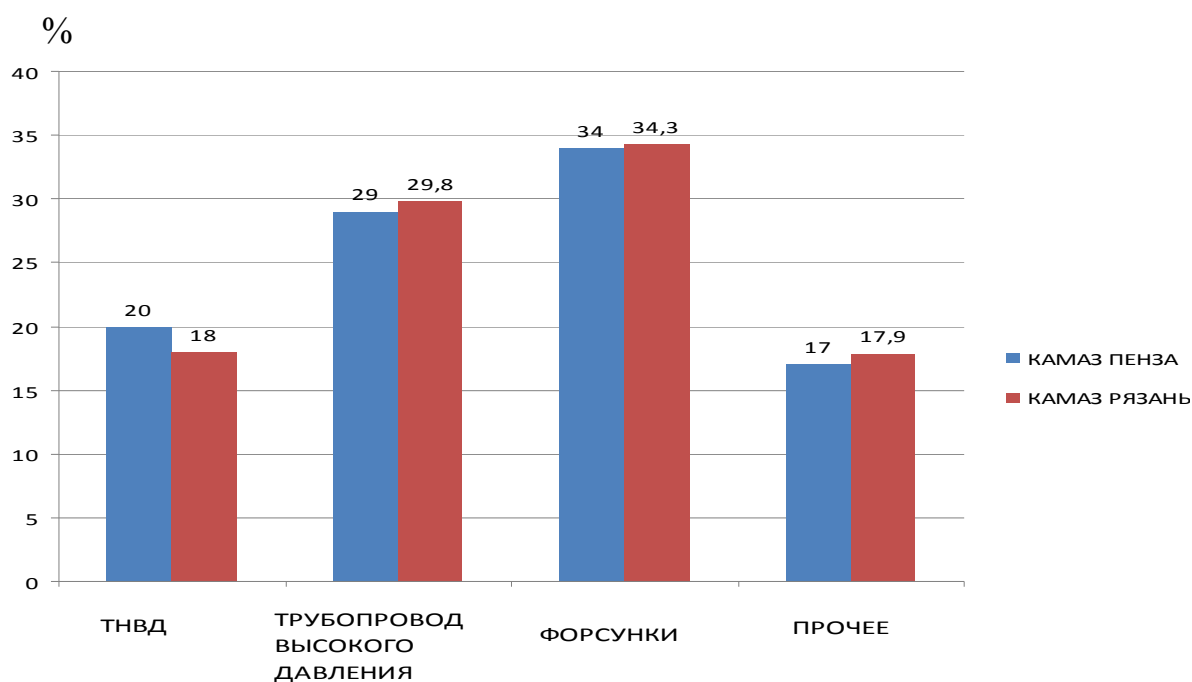


Рис. 3.3. Диаграмма основных неисправностей автомобиля КАМАЗ для вероятностно-логической стратегии

Таблица 3.1

Отказы дизельной топливной системы для планово-предупредительной стратегии

№ п/п	Элементы топливной системы	Процентное содержание отказа	
		г. Пенза	г. Рязань
		КАМАЗ	КАМАЗ
1	топливный насос высокого давления:		
1.1	плунжерная пара	7,1	6,7
1.2	пружина толкателя	2,8	2,3
1.3	пружина нагнетательного клапана	2,6	2,4
1.4	Нагнетательный трубопровод высокого давления:	7,6	6,7
2.1	крепление трубопроводов	16,2	16,4
2.2	трубки высокого давления	12,8	13,4
3	Форсунки:		
3.1	пружина	11,3	11,2
3.2	игла	12,3	11,9
3.3	крепление форсунки	10,4	11,2
4.	прочее	17	17,9

Таблица 3.2

Отказы дизельной топливной системы

№ п/п		Процентное содержание отказа	
		г. Пенза	г. Рязань
		КАМАЗ	КАМАЗ
1	Топливный насос высокого давления:		
1.1	плунжерная пара	7,1	6,7
1.2	пружина толкателя	2,8	2,3
1.3	пружина нагнетательного клапана	2,6	2,4
1.4	Нагнетательный трубопровод высокого давления:	7,6	6,7
2.1	крепление трубопроводов	16,2	16,4
2.2	трубки высокого давления	12,8	13,4
3	Форсунки:		
3.1	пружина	11,3	11,2
3.2	игла	12,3	11,9
3.3	крепление форсунки	10,6	11,2
4.	прочее	17,2	17,9

Средняя наработка на отказ:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (3.2)$$

Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}. \quad (3.3)$$

Коэффициент вариации:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}}. \quad (3.4)$$

На основе указанных формул можно определить среднюю наработку на отказ, а также среднеквадратичное отклонение и коэффициент вариации.

Более подробные данные приведены в прил. 3–8 здесь укажем среднюю наработку на отказ по основным элементам топливной системы.

Статистические и информационные данные проведенных в ходе пассивного эксперимента, позволяют судить об отказах элементов автомобилей (рис. 3.4, 3.5).

Тыс.км.

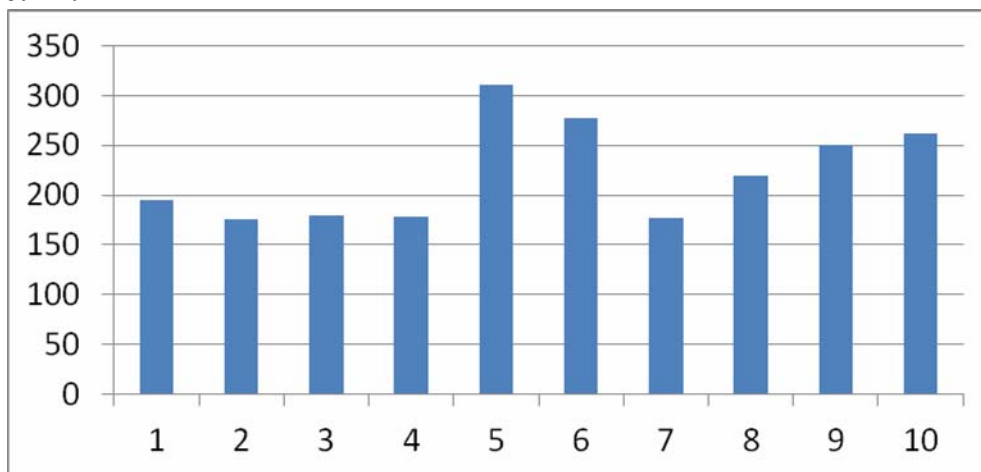


Рис. 3.4. Средняя наработка на отказ топливной системы автомобилей КАМАЗ для планово-предупредительной стратегии:

- 1 – плунжерная пара; 2 – пружина толкателя; 3 – пружина нагнетательного клапана; 4 – нагнетательный клапан; 5 – крепление топливопроводов; 6 – трубы высокого давления; 7 – пружина форсунки; 8 – игла форсунки; 9 – крепление форсунки; 10 – прочее

Тыс.км.

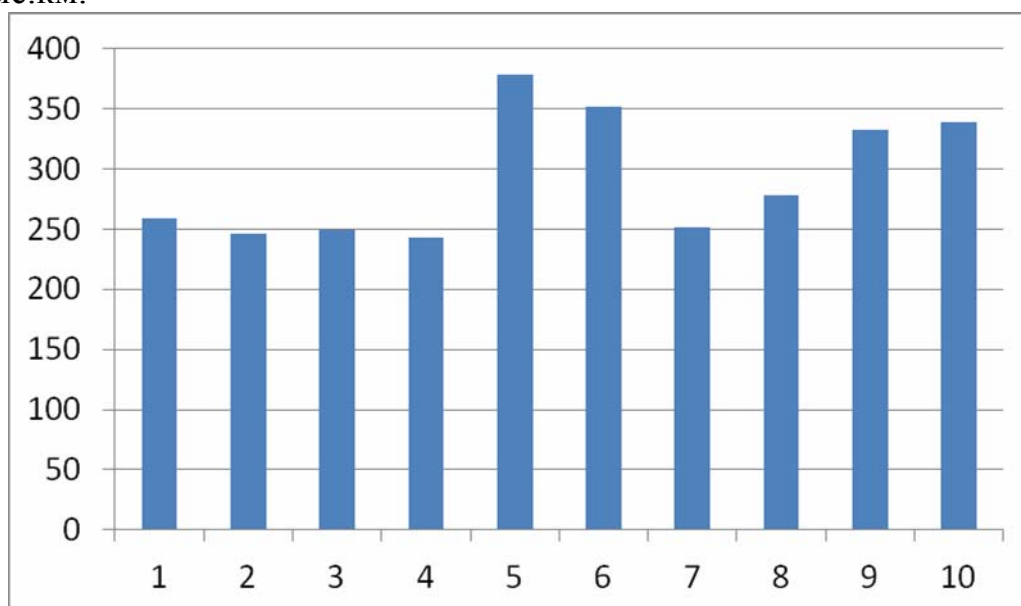


Рис. 3.5. Средняя наработка на отказ топливной системы автомобилей КАМАЗ для вероятностно-логической стратегии:

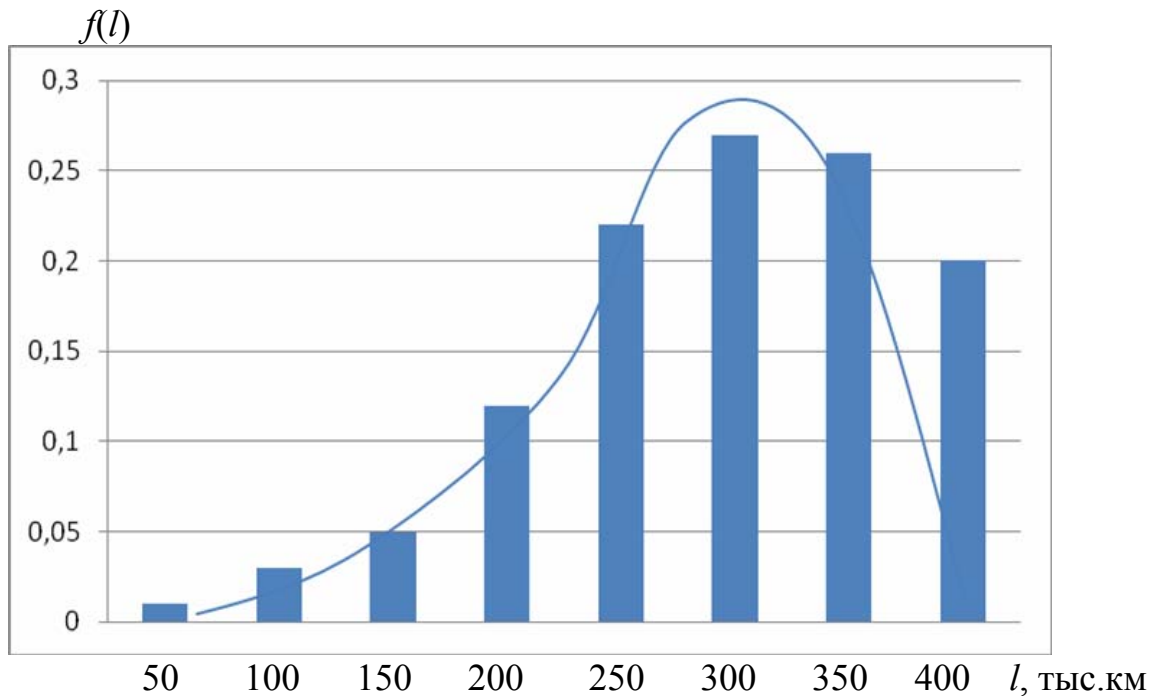
- 1 – плунжерная пара; 2 – пружина толкателя; 3 – пружина нагнетательного клапана; 4 – нагнетательный клапан; 5 – крепление топливопроводов; 6 – трубы высокого давления; 7 – пружина форсунки; 8 – игла форсунки; 9 – крепление форсунки; 10 – прочее

Как видно из приведенных выше данных о надежности работы элементов топливной системы в г. Пензе и г. Рязани, показатели закономер-

ностей распределения отказов указывает, что они могут быть описаны законом распределения Вейбула-Гнеденко.

Анализ наработки на отказ величины наработки на отказ плунжерной пары в зависимости от выбора стратегии обслуживания (рис. 3.6).

а



б

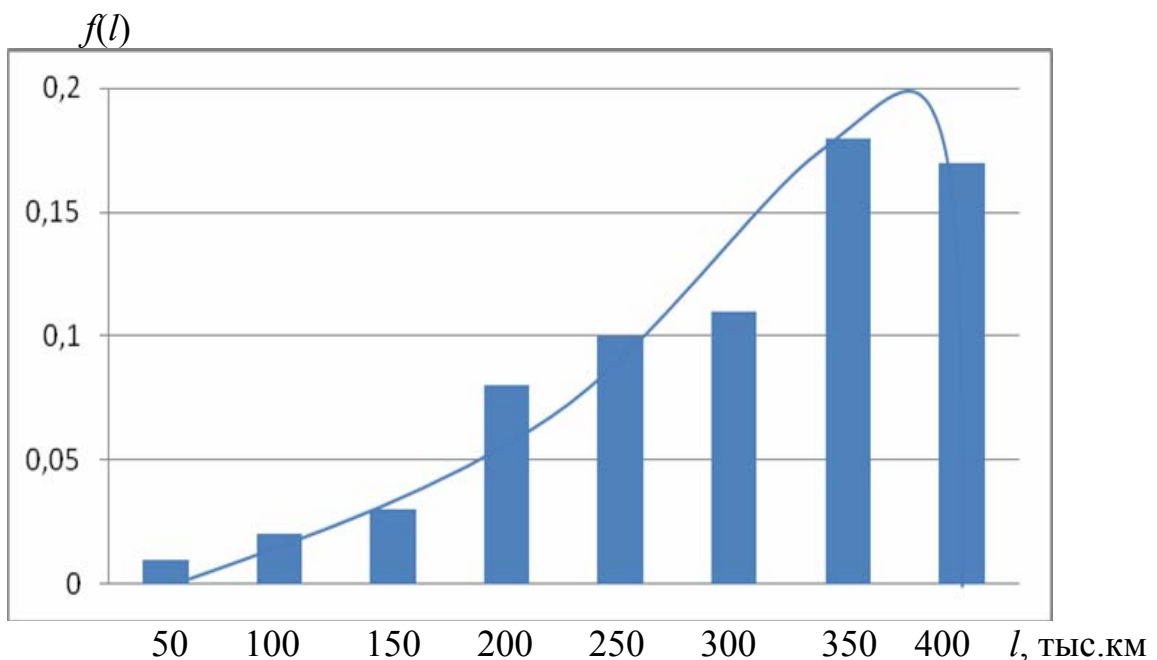


Рис. 3.6. Распределение величины наработки на отказ плунжерной пары в зависимости от выбора системы диагностирования:
 а – для планово-предупредительной стратегии;
 б – для вероятностно-логической стратегии

В результате проведенных исследований по сбору статистической информации об отказах элементов дизельной топливной системы грузовых автомобилей КамАЗ, получены данные о средней наработке на отказ каждого из элементов; проведено сравнение результатов, собранных в г. Пензе и г. Рязани. Установлена доля отказов каждого из элементов дизельной топливной системы, что в дальнейшем может быть использовано для нормирования потребности в запасных частях для обеспечения работоспособности системы.

Установлено, что существуют основные отказы: топливный насос высокого давления, трубопровод высокого давления, форсунки, прочее.

С использованием статистических данных определена зависимость ухудшения показателей, работоспособности системы питания дизельного двигателя.

Стоимость выполнения контрольно-диагностических работ с ростом пробега автомобиля также как и стоимость устранения отказа возрастает.

Вывод. Необходим сравнительный анализ результатов и обработка информационного материала со статистическими данными в области отказов топливной аппаратуры дизелей.

3.6. Сравнительный анализ результатов исследования поиска неисправностей

3.6.1. Определение времени простоя автомобилей

Для построения зависимостей необходимо провести моделирование случайной величины. Определение зависимости эксплуатационной надежности от функции наработки на отказ необходимо составить исходя из определенных нами наиболее значимых элементов топливной аппаратуры на отказ, а именно: плунжерная пара; подпружиненный нагнетательный клапан; иглу; пружину.

Представим функции распределения от датчика $F(l)$, где l – будем представлять как наработку в от шести до десяти точек, так что бы первая из которых равна нулю и являлась началом отсчета. Для построения данной функции требуется определить максимально до девяти значений на оси значений аргумента. Первое l_0 и последнее l_{10} значение при котором $F(l)$ равна 0. Этим достигается повышение быстродействия вычисления значения элементов топливной системы на отказ.

Значение величины l вычисляется, используя принцип подобия, по формуле

$$l = \frac{(R - l_{i-1})(l_i - l_{i-1})}{F_i - F_{i-1}} + l_{i-1}, \quad (3.5)$$

где R – значение величины l , спроецированной по принципу подобия на интервале $[0, 1)$ (рис. 3.7);

F_i и F_{i-1} – значения функции распределения, в интервал которых попало число R ;

l_i и l_{i-1} – значения наработки, на котором происходит фиксация показаний датчика, соответствующие значениям F_i и F_{i-1} ,

l – значение определяемой наработки автомобиля.

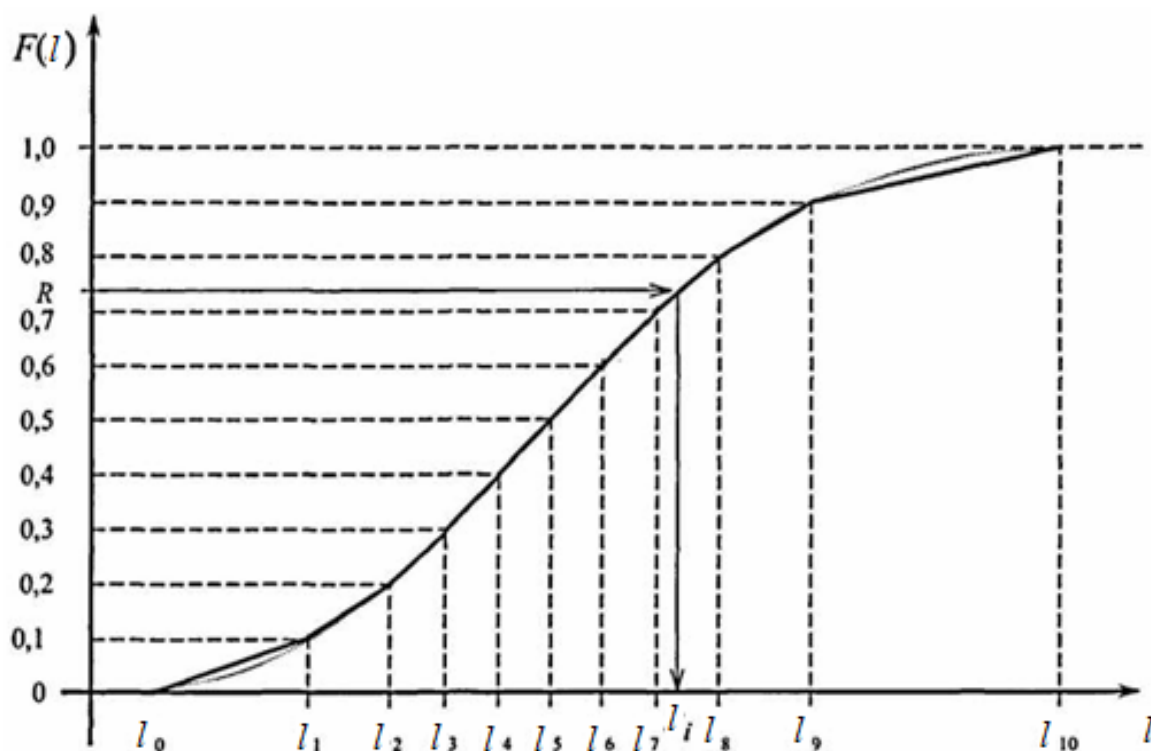


Рис. 3.7. Схема построения функции от значений датчика

Метод нахождения значений функции можно определять вычислением или задавать экспертно, чтобы получить более широкие возможности для определения наработки на отказ.

Данная функция позволит нам смоделировать наработку на отказ и узнать наработку l и время простоя t .

По предложенным элементам топливной системы сформируем графики на один автомобиль.

В первую очередь нас интересует – насколько перспективен вероятностно-логического метод со встроенным датчиком для диагностирования в сравнении с существующим на предприятии системой обслуживания.

Также необходимо проанализировать простой автомобиля от используемого способа диагностирования, для этого мы, опираясь на теоретическую функцию и принцип подобия по формуле (3.5), формируем график (рис. 3.8) величины простоя по плунжерной паре от отказа элемента на один автомобиль, используя показатель времени.

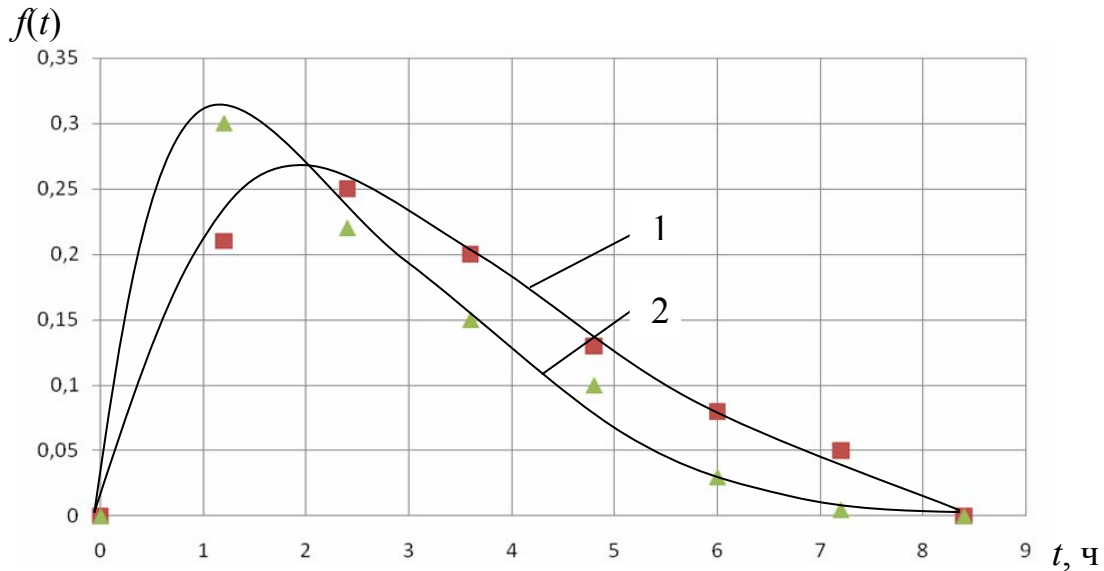


Рис.3.8. Распределение времени простоя по плунжерной паре от отказа элемента на один автомобиль:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

По парку автомобилей, для которых эксперимент проводился, суммарное время простоя составило следующие зависимости (рис. 3.9, 3.10).

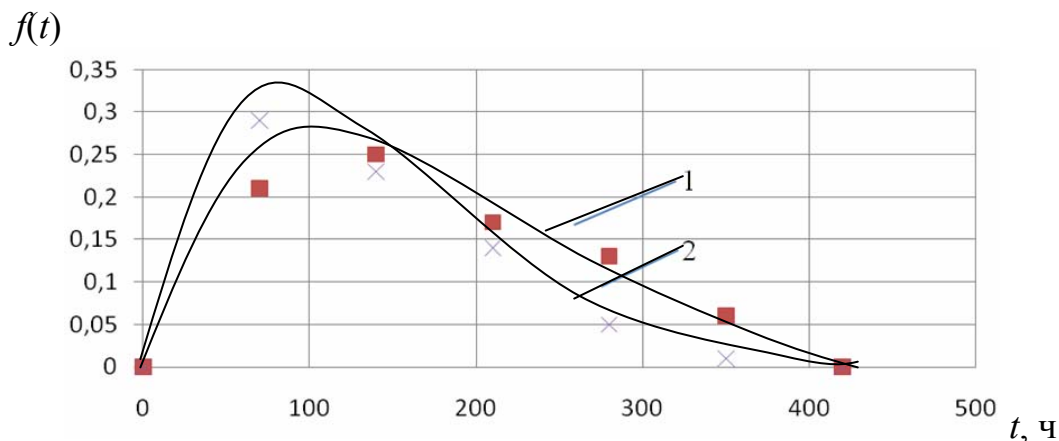


Рис. 3.9. Распределение времени простоя по плунжерной паре до отказа элемента на весь парк испытуемых:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

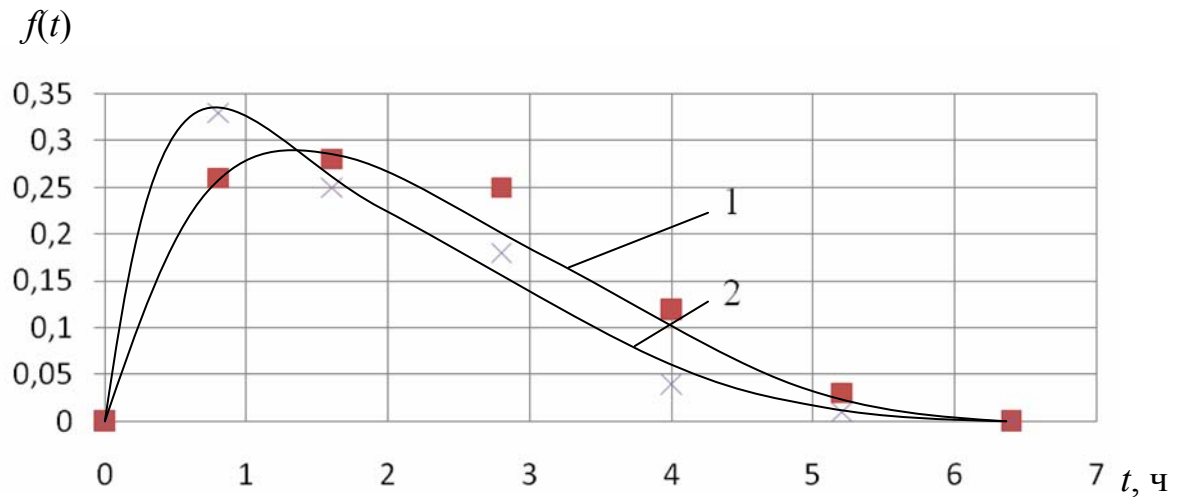


Рис. 3.10. Распределение времени простоя по плунжерной паре до отказа элемента на один день эксплуатации по парку испытуемых:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

На данный момент предприятие использует плано-предупредительную стратегию обслуживания по данным предложенным заводом-изготовителем. Нормативы корректируются согласно «Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта». Для оценки вероятностно-логического метода сравним данные с предприятия до внедрения встроенного диагностирования и после (рис. 3.11).

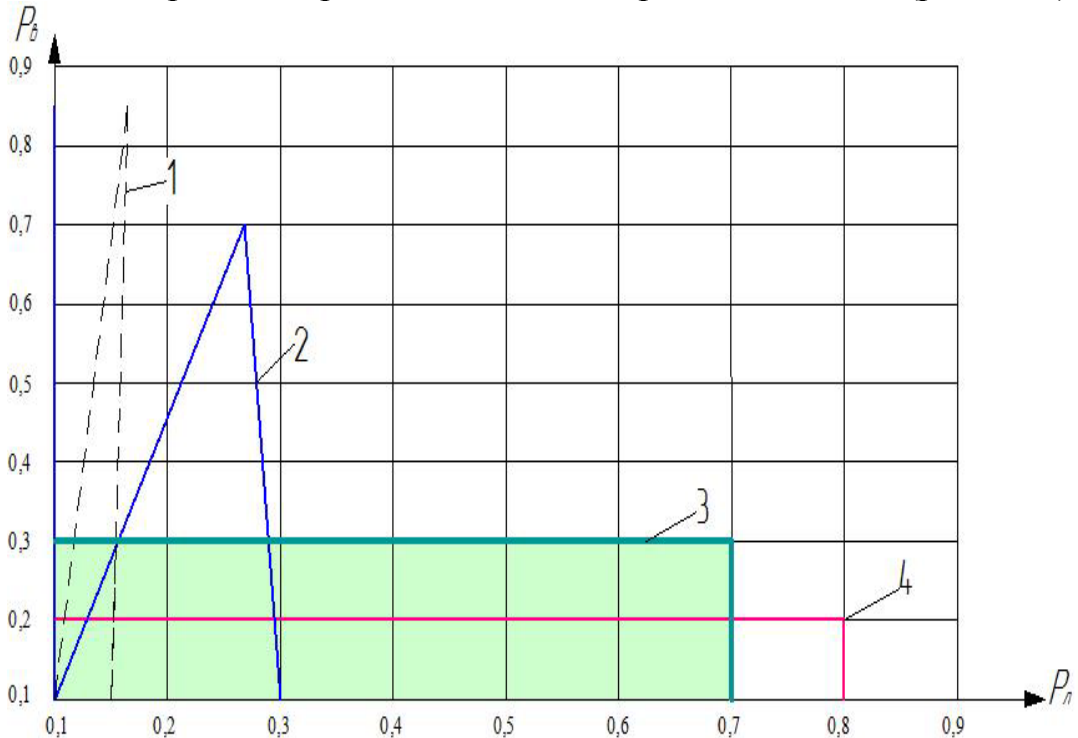


Рис. 3.11. Распределение коэффициентов по исследуемым методам диагностирования:
 1 – без диагностирования; 2 – для планово-предупредительной стратегии;
 3 – наиболее полезная область сочетания вероятностного P_v и логического P_l параметра; 4 – для вероятностно-логической стратегии

Вывод. Введенная система вероятностно-логического метода с встроенным диагностированием на предприятии существенно улучшает показатели по сокращению времени простоя на 15–18 % по сравнению с действующей на предприятии планово-предупредительной системой обслуживания автомобилей.

3.6.2. Анализ удельных затрат на поиск неисправностей автомобилей КАМАЗ

Современные ТС можно рассматривать как сложные системы и причины возникновения отказов носят различный характер. Для большинства технических систем грузовых автомобилей характерны три вида зависимостей интенсивности отказов от временного промежутка, которые соответствуют трем состоянием этих систем (рис. 3.12).

Первый вид характеристики (участок «1») характеризуется монотонным уменьшением интенсивности отказов. В этом периоде проявляются дефекты технологии и изготовления, которые не свойственны конструкции.

Второй вид характеристики (участок «2») обусловлен константной интенсивностью отказов. В этот период, как правило, возникают внезапные отказы конструкции. Количество, а также частота их возникновения зависят от наработки.

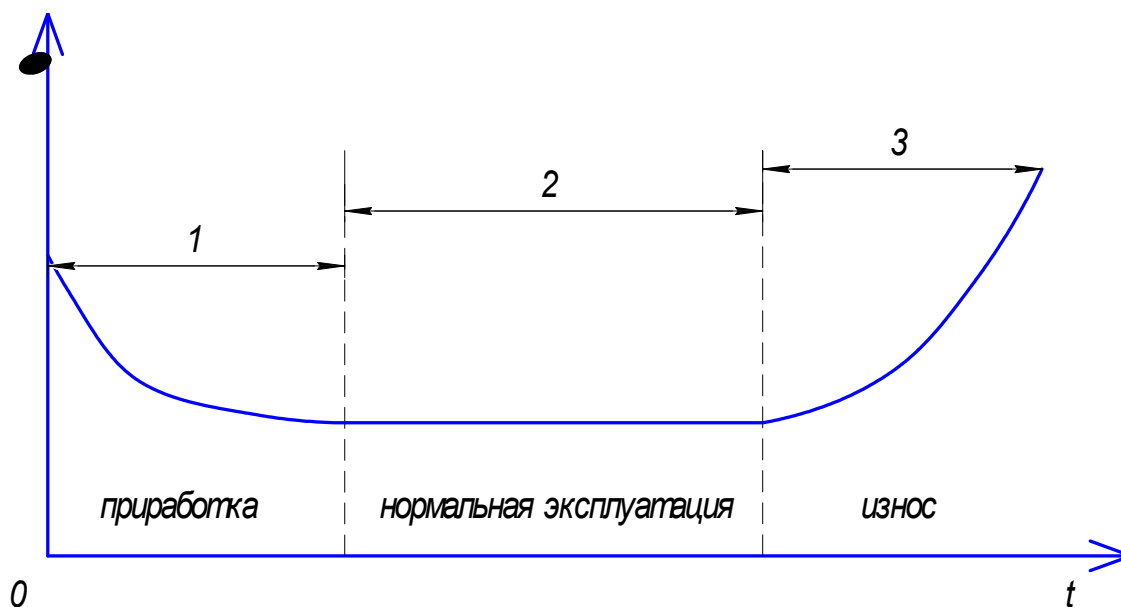


Рис. 3.12. Зависимость интенсивности отказов от времени

Третий вид характеристики (участок «3») отражает постоянное возрастание интенсивности отказов. Это соответствует периоду износа, вызванного процессами старения. В этот период возникают, главным образом, постепенные отказы.

Рассматривая ТС с точки зрения системы, предложенной на (рис. 3.6), можно отметить тот факт, что на всем его протяжении является изменение качества объекта (уменьшение/увеличение), происходящее по причине отказов. Поэтому можно предложить модель, которая бы описывала, что влияет на надежность и достижение автомобилем заявленного заводом-изготовителем ресурса (рис. 3.13).

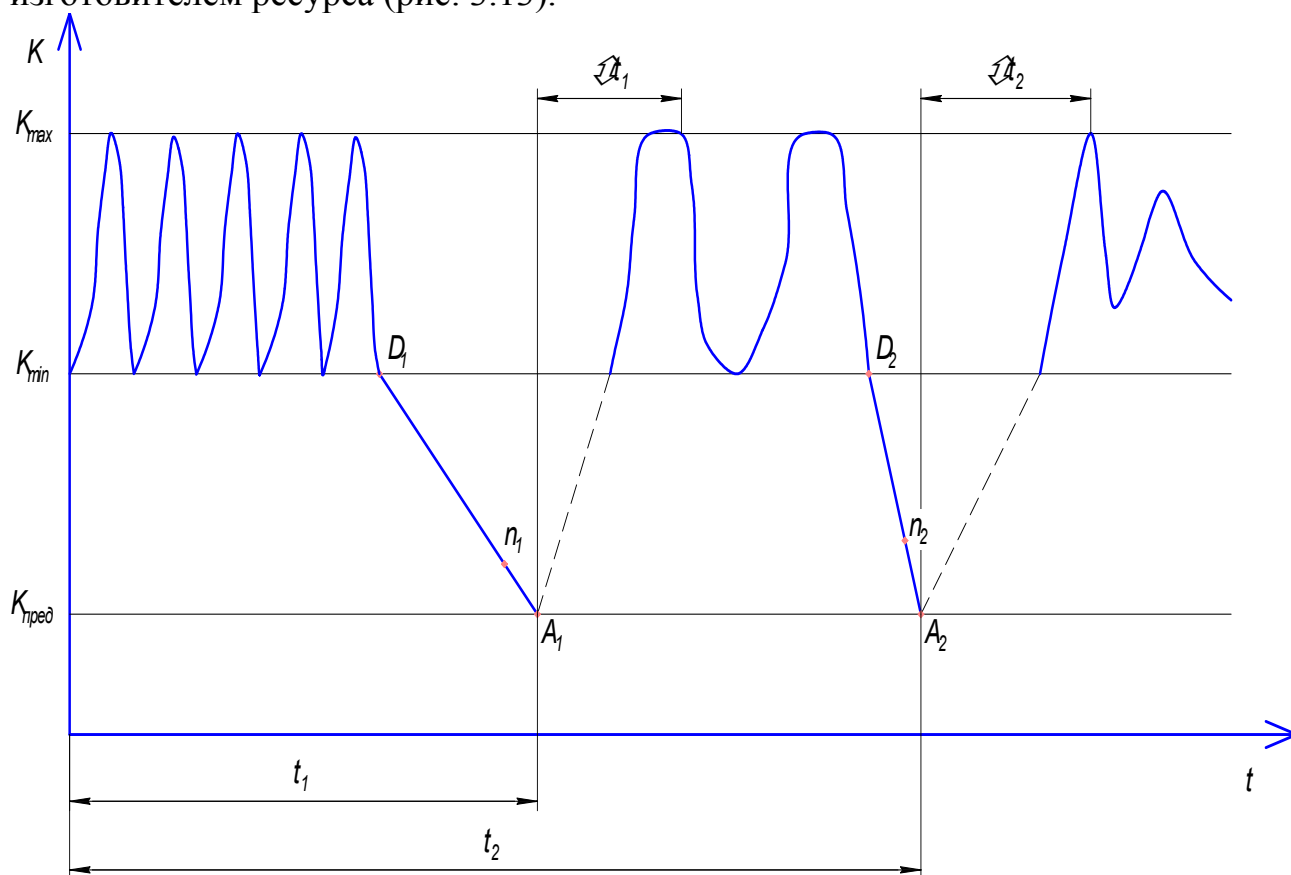


Рис. 3.13. Графическая модель работы автомобиля до отказа и после:

K_{\max} , K_{\min} , $K_{\text{пред}}$ – соответственно максимальное, минимальное и предельно допустимое качество грузового автомобиля;

D_1 , D_2 – начала формирования отказа;

A_1 , A_2 – точки отказа; Δt_1 , Δt_2 – периоды восстановления;

n_1 , n_2 – соответственно точка предшествующая началу отказа и точка после того как последствия отказа неизбежно приводят к износу.

Проанализируем удельные затраты на ремонт C_p руб./1000 км и удельные затраты на оплату услуг C_y руб./1000 км по предприятию, средняя цена примерно составляет 55 руб. 80 коп. Далее, исходя из указанных в пункте 3.5 настоящей диссертации средних наработок на отказ и информационных данных в прил. 1–6, можно посчитать средние показатели по удельным затратам: на ремонт до введения вероятностно-логического метода $C_p = 52,30$ руб., после введения вероятностно-логического метода $C_p = 35,80$ руб. (рис. 3.14, 3.15).

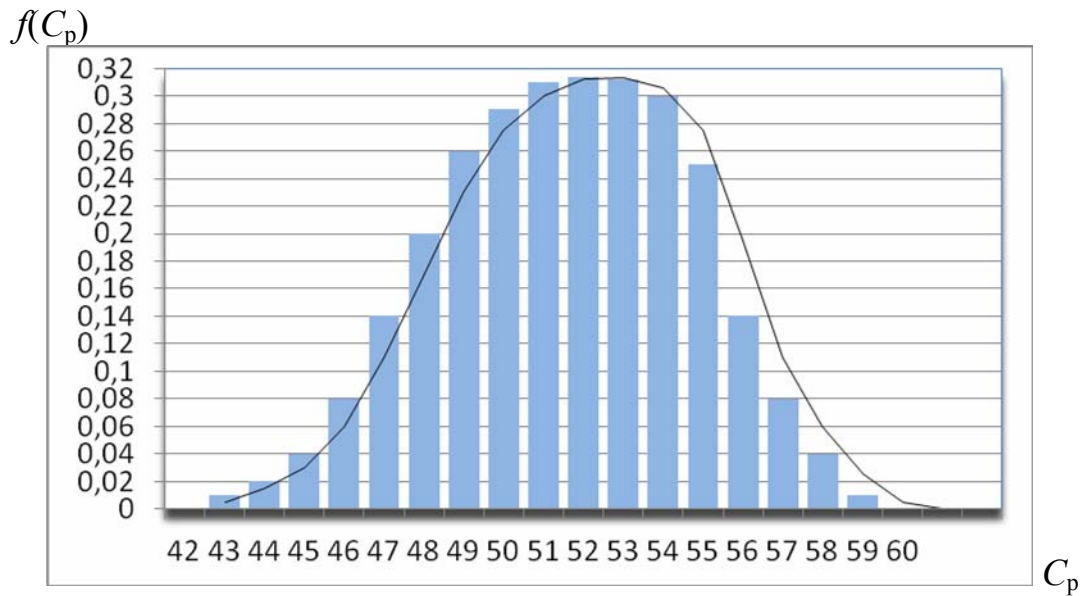


Рис. 3.14. Распределение удельных затрат C_p на ремонт на предприятии до введения вероятностно-логического метода

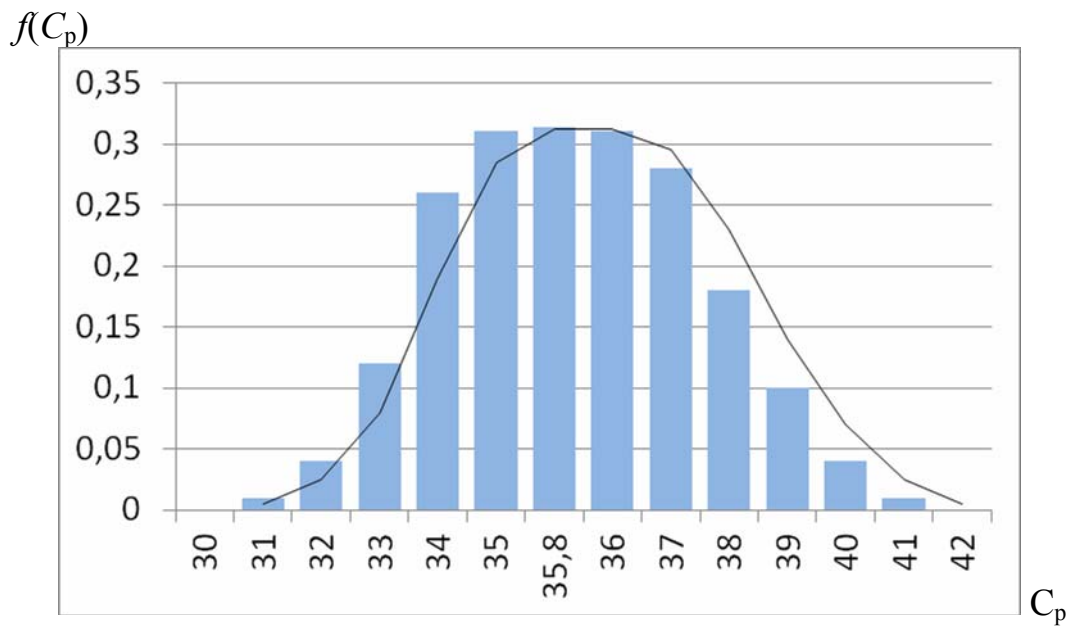


Рис. 3.15. Распределение удельных затрат C_p на ремонт после введения вероятностно-логического метода

Для анализа полученных результатов была оценена оптимальная сходимость результатов при определении удельных затрат на ремонт C_p автомобилей КамАЗ (рис. 3.16). При исследуемом числе входящем данных и распределению его по нормальному закону, погрешность определения удельных затрат на ремонт C_p не превышает 3 %.

Полученные значения можно применять для планирования затрат на ремонт, при анализе деятельности малых АТП преимущественным преобладанием автомобилей КамАЗ и МАЗ. Так, например, на один автомобиль КАМАЗ для проведения ремонта топливной аппаратуры в среднем затра-

чивается 859,80 руб., в 80 % случаев затраты на ремонт составят не более 906,64 руб.

При помощи разработанного вероятностно-логического метода из теории можно исследовать изменение показателей при изменении различных входных характеристиках. Для решения данной задачи проведем вычислительный эксперимент. В эксперименте оценивалось изменение удельных затрат на ремонт C_p в зависимости от коэффициента $K_{и}$ можно найти общие затраты на диагностирование, они составят:

$$C_{\text{общ}} = (1 + K_{и})C_p. \quad (3.6)$$

Также необходимо оценить убытки, связанные с отказом и простоем автомобиля. Эти убытки связаны с потерями от ненадёжности автомобиля (рис. 3.16).

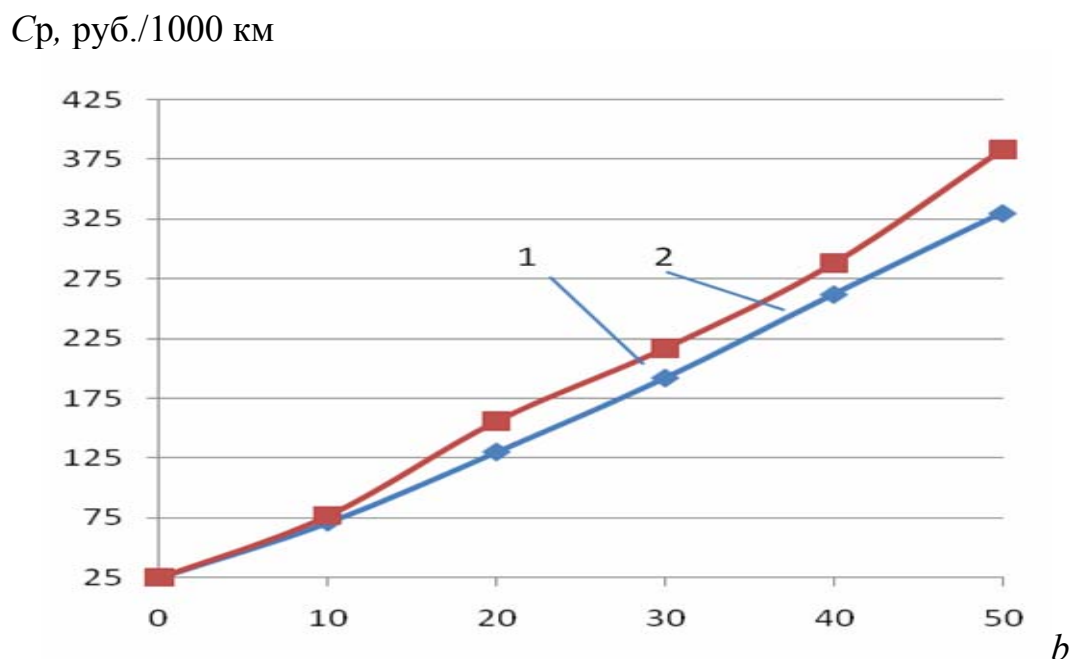


Рис. 3.16. Изменение удельных затрат на ремонт в зависимости от убытков, связанных с отказом и простоем автомобиля:
1 – до внедрения вероятностно-логического метода; 2 – после внедрения вероятностно-логического метода на предприятии

Где b – коэффициент, который определяется по формуле

$$b = C_{\text{пр}} / C_y, \quad (3.7)$$

где $C_{\text{пр}}$ – убытки, связанные с отказом и простоем автомобиля;
 C_y – удельные затраты на услуги.

Графики задаются функциями:

$$y = -0,0018x^2 + 6,3x + 24,6; \quad (3.8)$$

$$y = -0,0016x^2 + 5,2x + 22,3. \quad (3.9)$$

Сформировав модель для оценки эксперимента, можно теперь определить убытки от простоя из-за отказа.

Вывод. Моделирование основных данных проведенных в ходе эксперимента позволяют нам в дальнейшем сделать анализ по убыткам и сравнить значения изменения стоимости нормо-часа до и после внедрения вероятностно-логического метода.

3.6.3. Анализ удельных затрат и эффективности применения встроенной системы диагностирования для топливной системы автомобилей КАМАЗ

Для анализа убытков автомобилей КАМАЗ были проведены экспериментальные исследования, результатом которых стали статистические данные, включающие наработки на отказ, стоимость и трудоёмкости замены элементов топливной системы дизельного автомобиля. Совместив полученные данные по предприятию с экспериментом получили следующие показатели по изменению удельных затрат:

При выборе исходных данных задавались стоимостью одного часа простоя $C_{\text{пр}} = 1400$ руб. и стоимостью одного нормо-часа $S_{\text{н-ч}} = 800$ руб. В результате расчета по формулам (3.5)–(3.7) были получены следующие нормативы для этой стратегии:

- удельные суммарные затраты на поддержание работоспособности системы топливной системы – 252,8 руб./1000 км.;
- средняя наработка на отказ (на примере плунжерной пары) – 198,8 тыс. км.;
- удельная трудоёмкость текущего ремонта – 0,03 чел. -ч / 1000 км.

Рассчитанные показатели позволяют планировать затраты на эксплуатацию автомобилей.

Исходя из данных, выявленных в процессе эксперимента определили группу элементов топливной системы, лимитирующих её надежность:

- 1) плунжерная пара ТНВД;
- 2) нагнетательный клапан ТНВД;
- 3) игла форсунки;
- 4) пружина форсунки;

Для каждого элемента определим удельные суммарные затраты C_p , а также изменения удельных суммарных затрат ΔC , соответствующие периодичностям проверки 70, 80, 90 тыс. км. Сумма ΔC , минимальное значение которой соответствует периодичности проверки 80 тыс. км. При пе-

риодичности контроля $L_{ТО} = 80$ тыс. км, соответствуют следующие нормативы (табл. 3.3):

- удельные суммарные затраты при встроенном диагностировании – 5,3 руб./1000 км;
- удельные суммарные затраты на эксплуатацию системы с профилактикой – 61,6 руб./1000 км;
- трудоёмкость ТО – 1,8 чел.-ч/1000 км;
- удельная трудоёмкость текущего ремонта – 0,23 чел.-ч./1000 км.

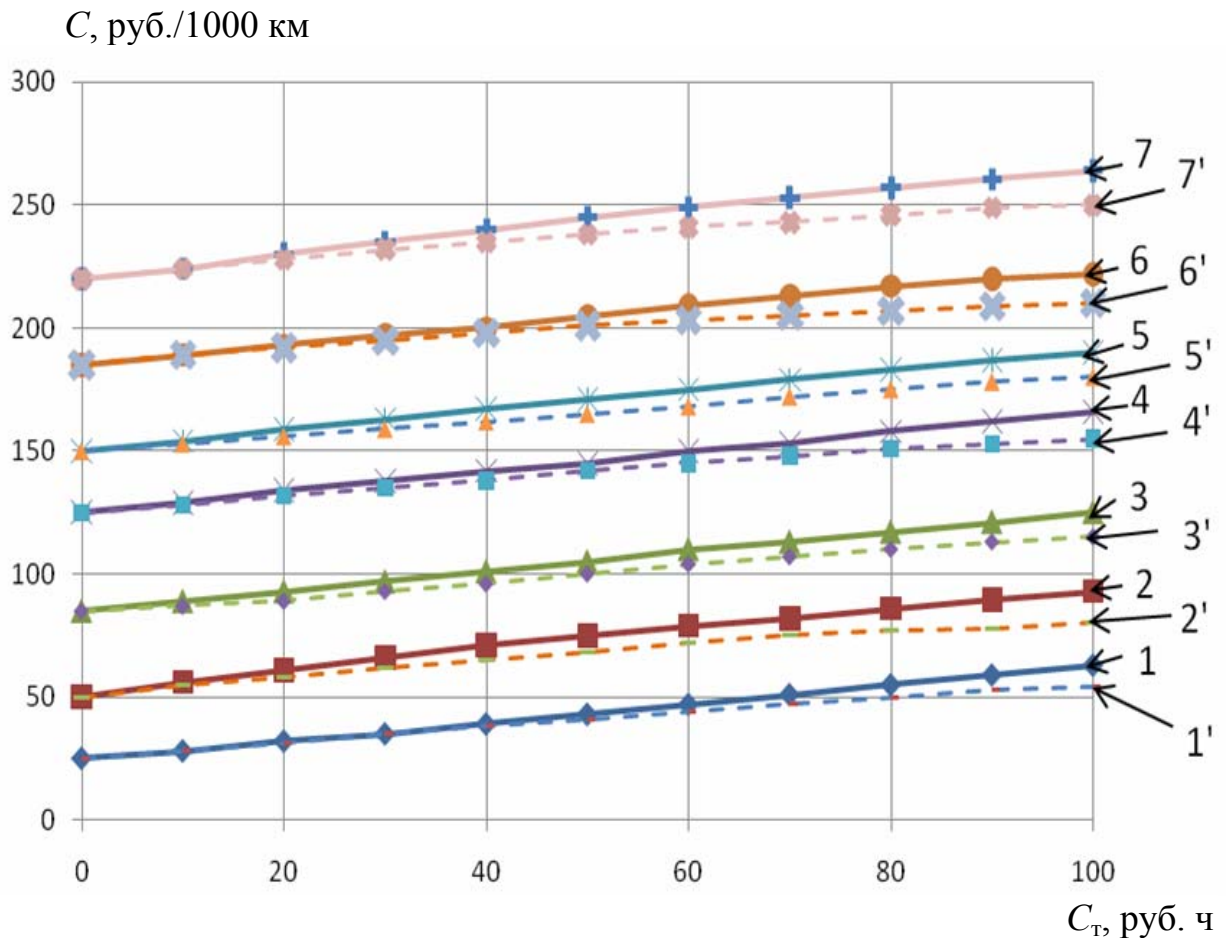


Рис. 3.17. Графики изменения удельных суммарных затрат по планово-предупредительной и вероятностно-логической стратегии в зависимости от часовой тарифной ставки C_T и стоимости одного часа простоя $C_{пр}$:

- 1, 1' – 0; 2, 2' – 200; 3, 3' – 400; 4, 4' – 600; 5, 5' – 800; 6, 6' – 1000; 7, 7' – 1200
 — — — для планово-предупредительной стратегии;
 - - - - для вероятностно-логической стратегии

Как мы видим эксплуатация автомобилей с системой встроенного диагностирования средняя наработка на отказ увеличилась на 27 %, при этом удельные затраты снизились на 12 %, что является подходящим значением и находится в пределах точности моделирования. Однако это можно объяснить тем, что элементы, которые выбирали, обладают низкой

вероятностью на отказ и для большинства элементов находится в пределах 0,5–0,7.

Т а б л и ц а 3 . 3

Определение оптимальной периодичности контроля
по изменению удельных суммарных затрат (руб./1000 км)

Наименование элемента	l_0	C_p (l_0)	ΔC при 70 тыс.	ΔC при 80 тыс.	ΔC при 90 тыс.
Плунжерная пара	208234	1,2	0,08	0,003	0,098
Подпружиненный нагнетальный клапан	142034	2,1	0,02	0,028	0,14
Иглу	203233	1,1	0,3	0,11	0,027
Пружину	179432	1,4	0,07	0,001	0,063
Сумма ΔC			0,47	0,142	0,328

Эффективность встроенного диагностирования $\mathcal{E}_{вд}$ возрастет с увеличением стоимости одного часа простоя и уменьшается с увеличением тарифной ставки диагностирования автомобиля. Если на первый параметр мы воздействовать не можем, потому что на каждом АТП стоимость простоя зависит от множества величин, включая, что перевозит компании и количество парка и т.д. Тогда как на вторую – можно повлиять, используя вероятностно-логический метод нахождения неисправности, а именно снизить время нахождения неисправности, что приведет к уменьшению количества затрачиваемых часов независимо от стоимости нормо-часа. Отметим, что диагностирование требует более квалифицированного персонала, и как следствие, более высокооплачиваемый ремонтно-обслуживающий персонал на это повлиять мы не можем и данный факт приводит к уменьшению эффективности нашей стратегии.

Полученные нами зависимости показывают, что удельные суммарные затраты, формирующиеся при эксплуатации автомобилей КАМАЗ по стратегии встроенного диагностирования с применением вероятностно-логического метода, увеличиваются при увеличении стоимости одного часа простоя и часовой тарифной ставки. Эффективность нашей стратегии выше, чем при профилактической стратегии. Зависимость эффективности при одном значении стоимости одного часа простоя изменяется незначительно, но при увеличении часовой тарифной ставки, существенно возрастают убытки предприятия, которые находятся в пределах 20,0–25 руб./1000 км. Таким образом, эффективность профилактической стратегии при увеличении часовой тарифной ставки уменьшается, а эффективность выбранной нами стратегии, наоборот, увеличивается.

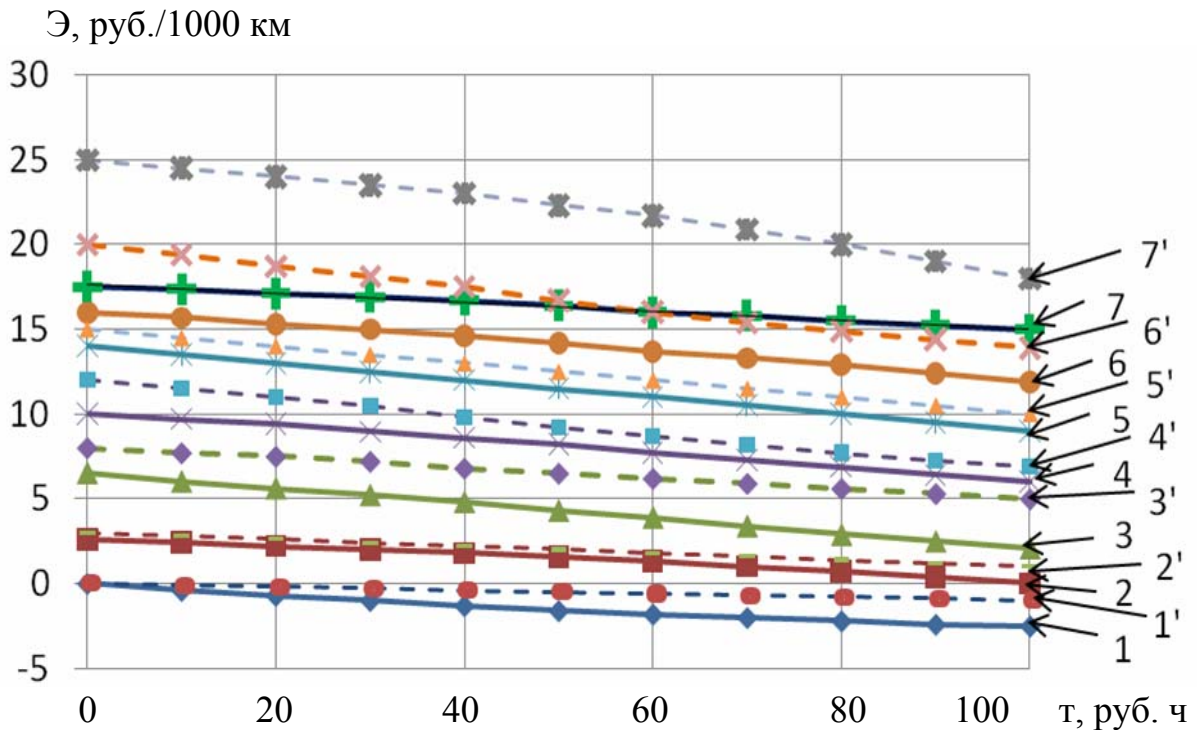


Рис.3.18. Графики изменения эффективности в зависимости от стратегии и от часовой тарифной ставки C_T , а также стоимости одного часа простоя $C_{пр}$:
 1, 1' – 0; 2, 2' – 200; 3, 3' – 400; 4, 4' – 600; 5, 5' – 800; 6, 6' – 1000; 7, 7' – 1200;
 — — — — для планово-предупредительной стратегии;
 - - - - для вероятностно-логической стратегии

При увеличении часовой тарифной ставки происходит увеличение удельных суммарных затрат на эксплуатацию системы без профилактики C_p .

Экономия достигается тем, что разница между затратами на ремонт элементов и при групповом ремонте существенна, тогда чем выше часовая тарифная ставка, тем больше экономия и, соответственно, эффективность стратегии.

Вывод. Вероятностно-логический метод с встроенным диагностированием позволяет снизить затраты незначительно при замене одного элемента в результате диагностирования и значительно при замене групп элементов, которые в последствии увеличат простой автомобиля и сопутствующий ремонт.

Выводы по третьей главе

1. В целях практической апробации предложенной методики вероятностно-логического метода были проведены экспериментальные исследования на основании статистической информации об эксплуатационной надёжности автомобилей КАМАЗ;

2. В результате проведения эксперимента установлены наиболее значимые элементы по топливной системе, по которым происходит отказ.

Для топливной системы КАМАЗ в результате проведения эксперимента установлен перечень элементов, в который включены: плунжерная пара; нагнетательный клапан ТНВД; игла и пружина форсунки;

3. В результате проведения анализа экспериментальных данных, полученных по автомобилям КАМАЗ, выявлено, что в исследуемый период основная доля отказов в топливной системе приходится на плунжерную пару ТНВД 6,7 %; иглу форсунки 11,9 % пружину форсунки 11,2 %, пружина нагнетательного клапана ТНВД 2,4 %, крепления элементов не рассматривались в процессе диагностирования, потому что они являются отказами не прогнозируемыми.

4. В результате проведения эксперимента были установлены нормы, включающие удельные затраты на ремонт (35,8 руб./1000 км), удельные затраты на эксплуатацию системы с профилактикой (52,6 руб./1000 км), удельные затраты на услуги (5,3 руб./1000 км).

5. Для топливной системы КАМАЗ в результате проведения эксперимента установлен перечень элементов, в который включены плунжерная пара и нагнетательный клапан ТНВД, игла и пружина форсунки, была определена оптимальная периодичность контроля этого перечня – 80 тыс. км.

4. РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Структура и описание работы программы по диагностированию технического состояния автомобиля

Для оперативного ежедневного контроля над состоянием подвижного состава автотранспортного предприятия предлагается внедрить диагностический прибор, работа которого основана на фиксации и анализе показателей автомобиля при использовании диагностирования.

Программа прибора включает блоки формирования баз данных по результатам диагностирования (рис. 4.1) и сведениям работе двигателя со слов водителя. Подготовленные данные обрабатываются с помощью расчётно-анализирующего блока. С помощью блока индикации результаты расчета и анализа выводятся на экран прибора, расположенного в кабине автомобиля. Данная информация является основанием для своевременного принятия решений по проведению технического обслуживания двигателя автомобиля.

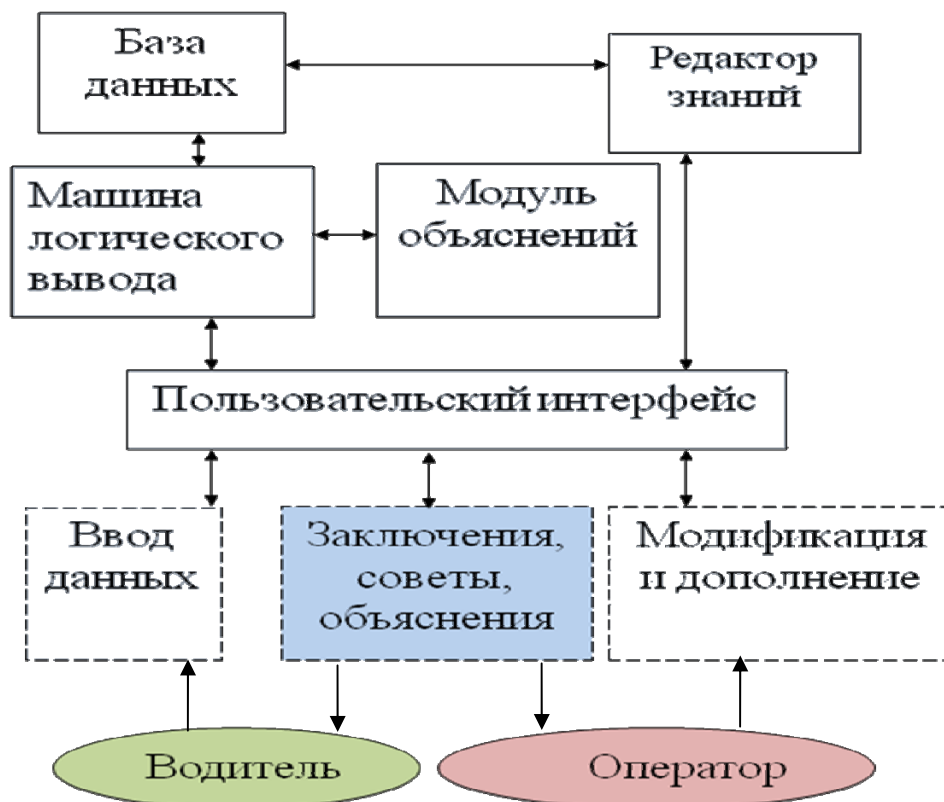


Рис. 4.1. Логическая схема программы

Первая часть программы – аналитическая, определяет наличие и вид неисправностей в топливной системе дизеля (ТНВД и форсунки), вторая часть – опросная, рассчитана на остальные системы двигателя.

Алгоритм программы выглядит следующим образом (рис. 4.2).

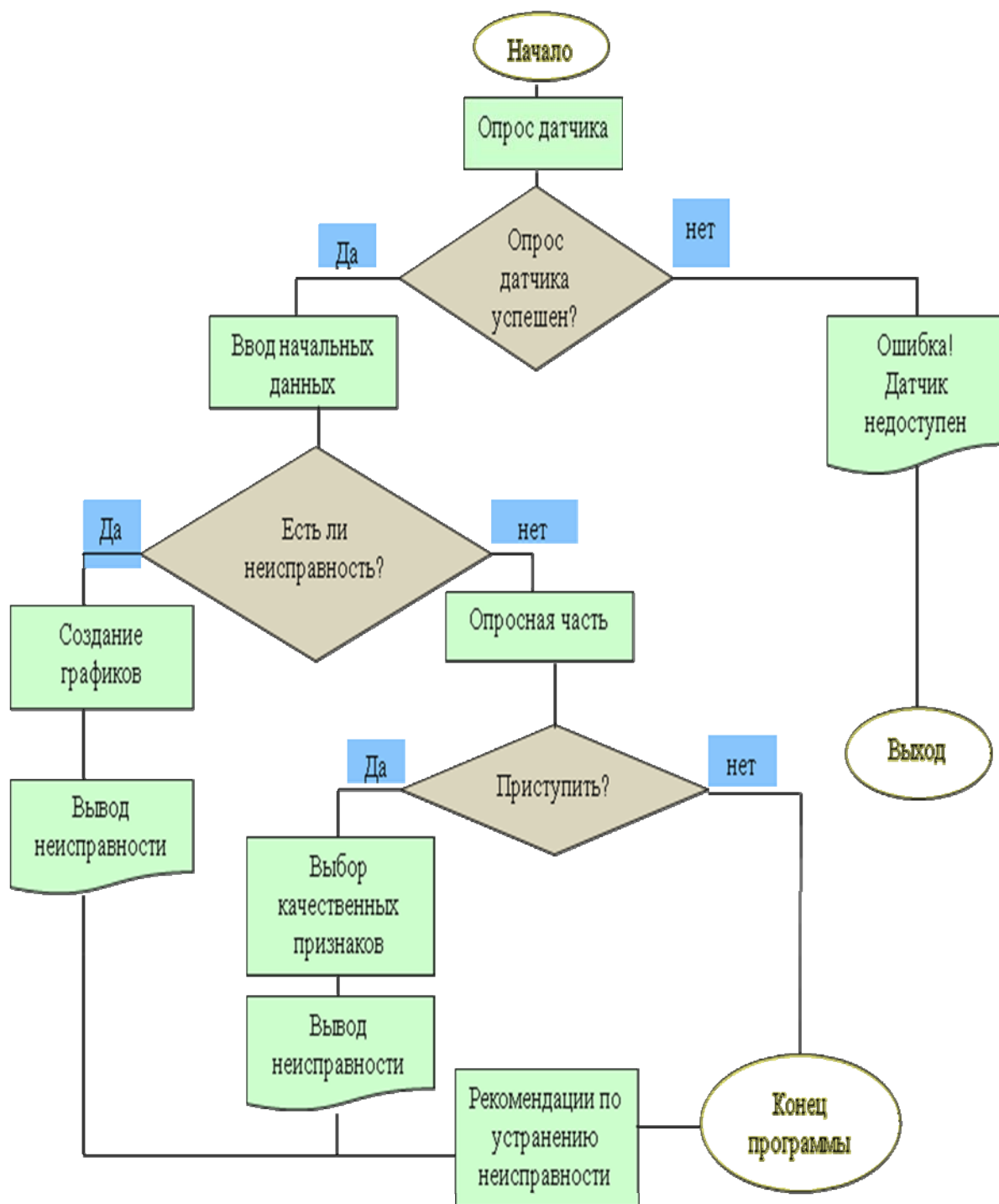


Рис. 4.2. Алгоритм работы системы диагностирования

При запуске программа начинает работу с проверки наличия контакта с датчиком давления. Если контакт не установлен, то на экран прибора в кабине водителя выводится надпись «Ошибка! Датчик недоступен». В этом случае программа прекращает свою работу.

Если контакт с датчиком установлен, то в программу водителем вводятся начальные данные. Затем программа по показаниям датчика строит график и при наличии неисправностей выводит их на экран в текстовом режиме. Далее система переходит к опросной части. Водителю предлага-

ется выбор – закончить программу сейчас или продолжить поиск неисправностей в других системах двигателя. При продолжении программа использует метод «логический поиск с последовательным исключением». Водителю надлежит выбрать качественные признаки неправильной работы двигателя. Затем в конце процесса на экран выводится неисправность.

Программа считывает значения с накладного датчика давления топлива, установленного на топливопровод высокого давления.

Считанные значения автоматически записываются в базу данных программы, затем, на основании этих данных, строятся графики давления топлива. По давлению топлива в контрольных точках определяется наличие неисправности и её вид.

Изменение давления анализируется следующим образом (рис. 4.3).

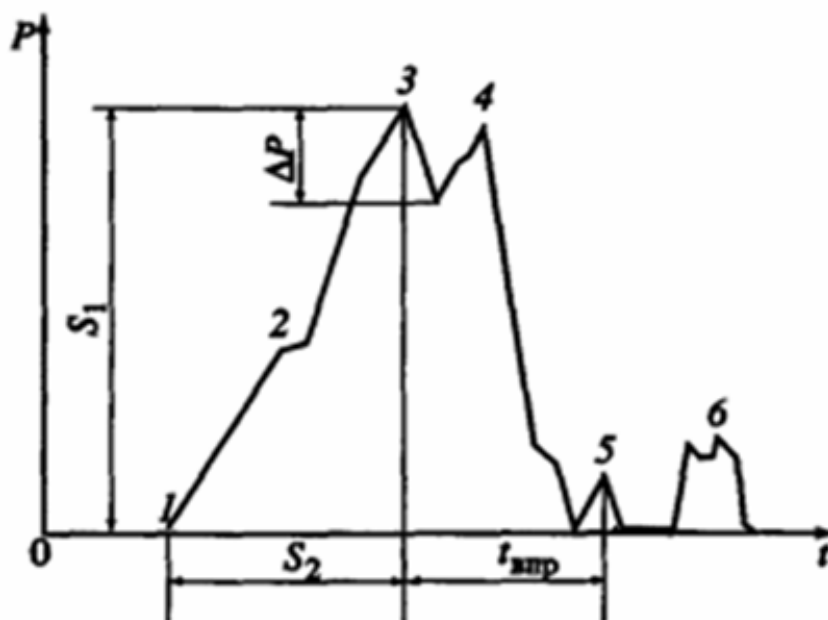


Рис. 4.3. Характерные точки на графике давления топлива

Здесь в точке 1 начинается повышение давления в результате движения плунжера насоса, в точке 2 срабатывает нагнетательный клапан, и при малой скорости движения плунжера рост давления на некоторое время замедляется. В точке 3 поднимается игла форсунки. При этом давление падает, поскольку высвободившийся объем не успевает заполниться топливом, а затем снова повышается до определённой величины.

Точка 4 на большой частоте вращения коленчатого вала двигателя может характеризовать максимальное давление процесса впрыска. Однако для нормального процесса в режиме холостого хода это давление обычно фиксируется по характерному пику точки 3. В точке 5 происходит "посадка" иглы форсунки и впрыскивание заканчивается, после чего происходит "посадка" в седло нагнетательного клапана плунжера. Импульсы остаточ-

ного давления (6) появляются в результате недостаточной герметичности нагнетательного клапана. Величина сигнала S_1 определяет затяжку пружины форсунки и статическое давление начала впрыска. Перепад давления ΔP характеризует подвижность иглы форсунки. Путем интегрирования на периоде впрыска $t_{впр}$ можно оценить цикловую подачу топлива. Время задержки впрыска S_2 характеризует зазор в плунжерной паре, вызывающий утечку топлива между гильзой и плунжером.

При разработке программы учитывались данные по давлению топлива с двух типов дизельных двигателей – ЯМЗ и КАМАЗ. Показания давления снимались с двигателей на двух режимах работы – холостой ход и нагрузочный режим. Графики с показателями нормальной работы дизелей ЯМЗ показаны на рисунках 4.3 и 4.4.

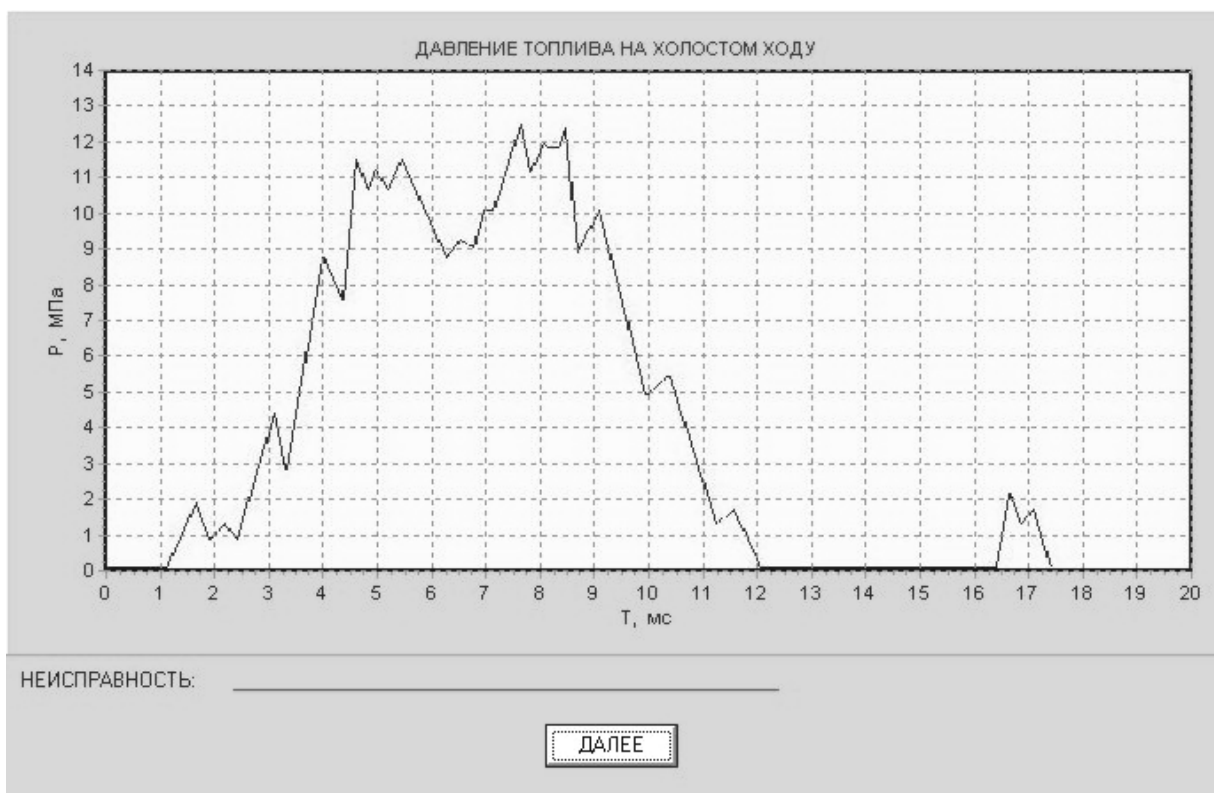


Рис.4.4. График давления при нормальной работе ЯМЗ (холостой ход)

В данном проекте разрабатывалась программа для двигателей КАМАЗ. В этой программе представлены характерные неисправности ТНВД и форсунок на холостом ходу и под нагрузкой.

Все основные нормативные значения параметров технического состояния автомобиля и его агрегатов, а также алгоритм контроля заложены в памяти и доступны пользователю в любой момент применения диагностического комплекса.

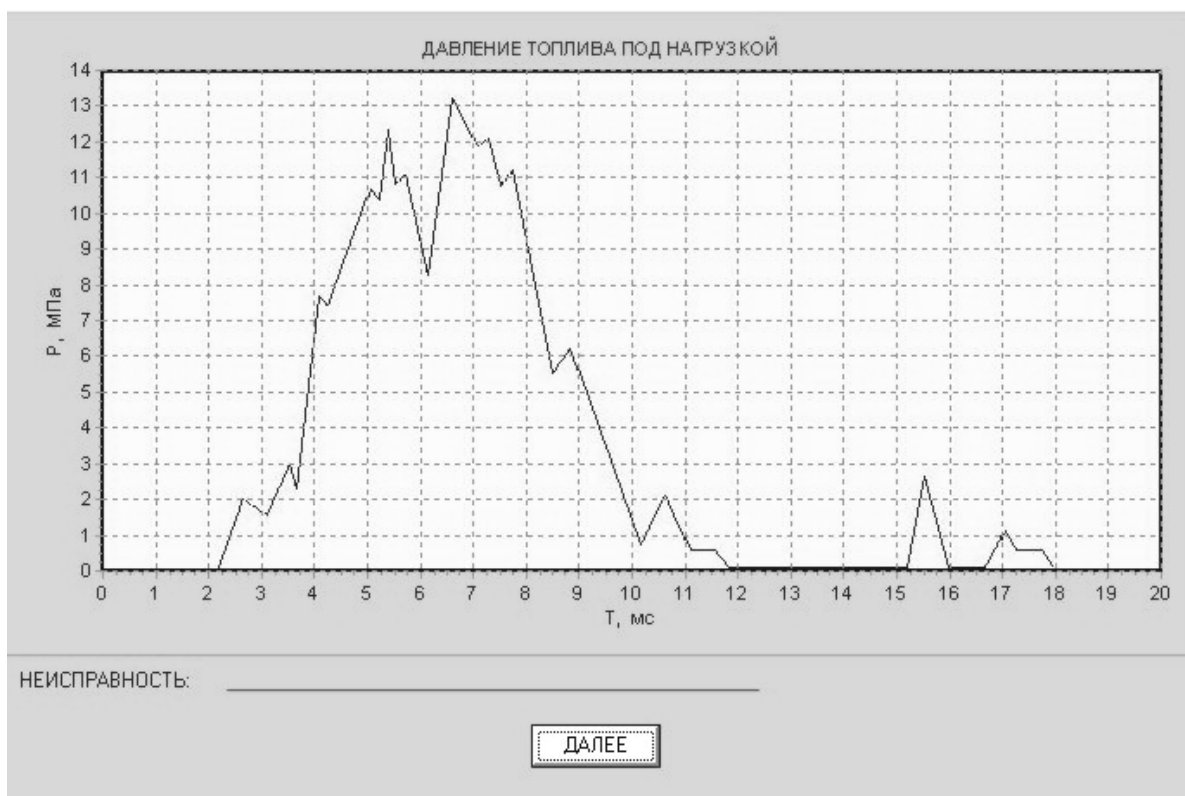


Рис. 4.5. График давления при нормальной работе ЯМЗ (под нагрузкой)

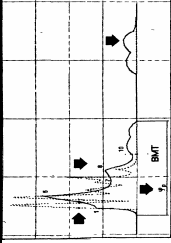
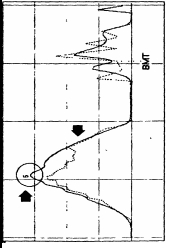
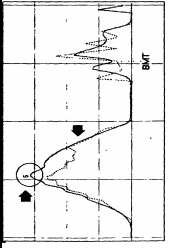
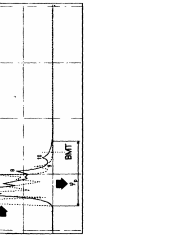
Наряду с этими положительными факторами не полностью решен вопрос по выявлению неисправностей на основе анализа осциллограмм повторяющихся процессов, например, таких как изменение давления топлива. Выявить неисправность по виду осциллограммы может только высококвалифицированный, опытный диагност, постоянно использующий диагностический комплекс или возникает необходимость в использовании инструкции по эксплуатации диагностического комплекса [1,2]. Все это приводит к значительным затратам времени. Поэтому нами предлагается два пути решения проблемы:

1. Нанести неисправности на лист (табл. 4.1), и закрепить перед дисплеем для сравнения с осциллограммами неисправного состояния дизельного двигателя.

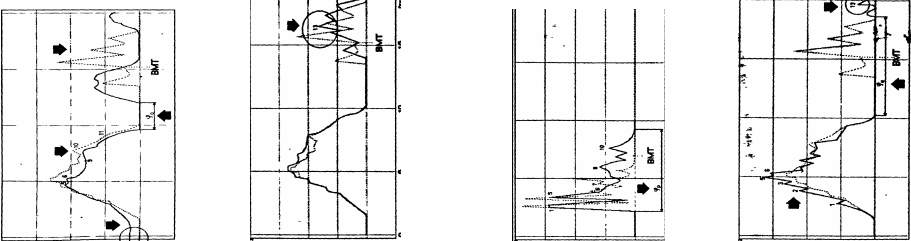
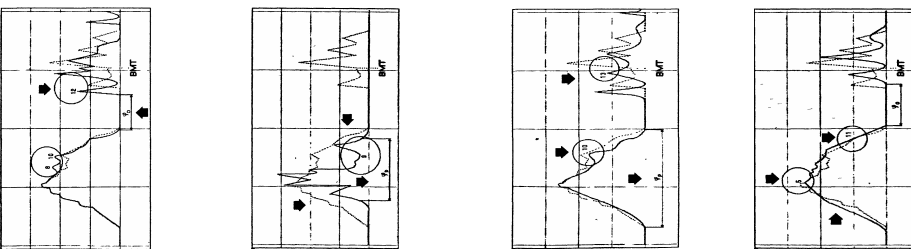
2. Внести изменения в программу, т.е. на дисплее прибора должны высвечиваться две кривые – базовая (например, зеленым цветом) и рабочая (например, синим цветом), при совпадении кривых диагностируемый элемент двигателя считается исправным, в противном случае – неисправным. При запуске программа считывает значения с накладного датчика давления топлива, установленного на топливопровод высокого давления (рис. 4.6) дизельных двигателей с диаметром топливопровода 6, 7 мм САР 6600, САР 6700 (CAPELEC, Франция). Сигнал с датчиков обрабатывается исполнительной программой и при выходе за допустимые пределы сигнализирует о изменениях технического состояния элементов системы питания.

Таблица 4.1

Неисправности элементов дизельного двигателя

<p>Режим «Батарея» $I=0$ А; $U \geq 12,5$ В (25); Включить габаритные огни $I=3-5$ А; $12,5$ В(25) $\leq U \leq 12$ В (24), Если $U < 12$ В (24), то батарея разряжена или неисправна Выключить подачу топлива, включить стартер на 10–15 с. Если $U < 9$ В(18), $I > 2,5$ емкости батареи, то батарея разряжена или неисправна, плохой контакт выводов аккумуляторной батареи.</p>	<p>Износ нагнетательного клапана</p> 	<p>Обрыв носика распылителя</p> 	<p>Негерметичность распылителя по запорному конусу</p> 
<p>Режим «Опережение» Проверить минимальную частоту вращения в режиме «Опережение» и отрегулировать. Регулировать угол опережения впрыска при минимальной частоте.</p>	<p>Износ плунжерной пары</p> 		

Окончание табл. 4.1

<p>Режим «Батарея»</p> <p>Установить датчик тока на провод «+» генератора, $n=0,5n(N_{ном}), I=0,5I_{ном}$ Если $U > 14,5(29)V$, то Плохой контакт «+» генератора до регулятора напряжения; корпус регулятора с кузовом автомобиля; неисправен регулятор; регулятор отрегулирован на высокое напряжение. Если $U < 13,5(27)V$, то Прослаблен приводной ремень генератора; плохой контакт в соединениях; неисправен регулятор; регулятор отрегулирован на низкое напряжение; неисправен генератор. Осциллограммы тока батареи аналогичны бензиновым. Присоединить зажимы «М» и «Б» к элементам зарядной цепи и измерять из потенциал относительно «массы». Падение напряжения должно быть не более: «+» генератора – «+» («В») регулятора 0,3 В; корпус регулятора – кузов автомобиля 0,1 В; «+» генератора – «+» батареи 0,8 В; «Ш» генератора – «Ш» регулятора 0,1 В; корпус («М») генератора – «-» батареи 0,1 В. Если $U > \dots$, то проверить неисправную цепь</p>	<p>Суммарный износ плунжерной пары и нагнетательного клапана</p> <p>Поломка пружины толкателя</p> <p>Поломка пружины нагнетательного клапана</p> <p>Засорение, закоксование сопловых отверстий форсунок</p>		<p>Нарушение подвижности иглы распылителя</p> <p>Увеличение давления начала впрыска топлива</p> <p>Увеличение пропускной способности распылителя форсунки</p> <p>Уменьшение плотности распылителя форсунки</p>	
<p>Режим «Опережение»</p> <p>При $n = n(N_{ном})$ измерить угол опережения впрыска и сравнить с углом опережения впрыска и сравнить при $n_{мин}$. Проверить максимальную частоту вращения.</p>				

Считанные значения автоматически записываются в базу данных программы, затем, на основании этих данных, строятся графики давления топлива. По давлению топлива в контрольных точках определяется наличие неисправности и её вид.

Как видно влияние различных неисправностей топливной системы дизеля на вид осциллограмм пульсации высокого давления весьма разнообразное и начинающему мастеру диагностику сложно по виду осциллограммы определить причину отказа.

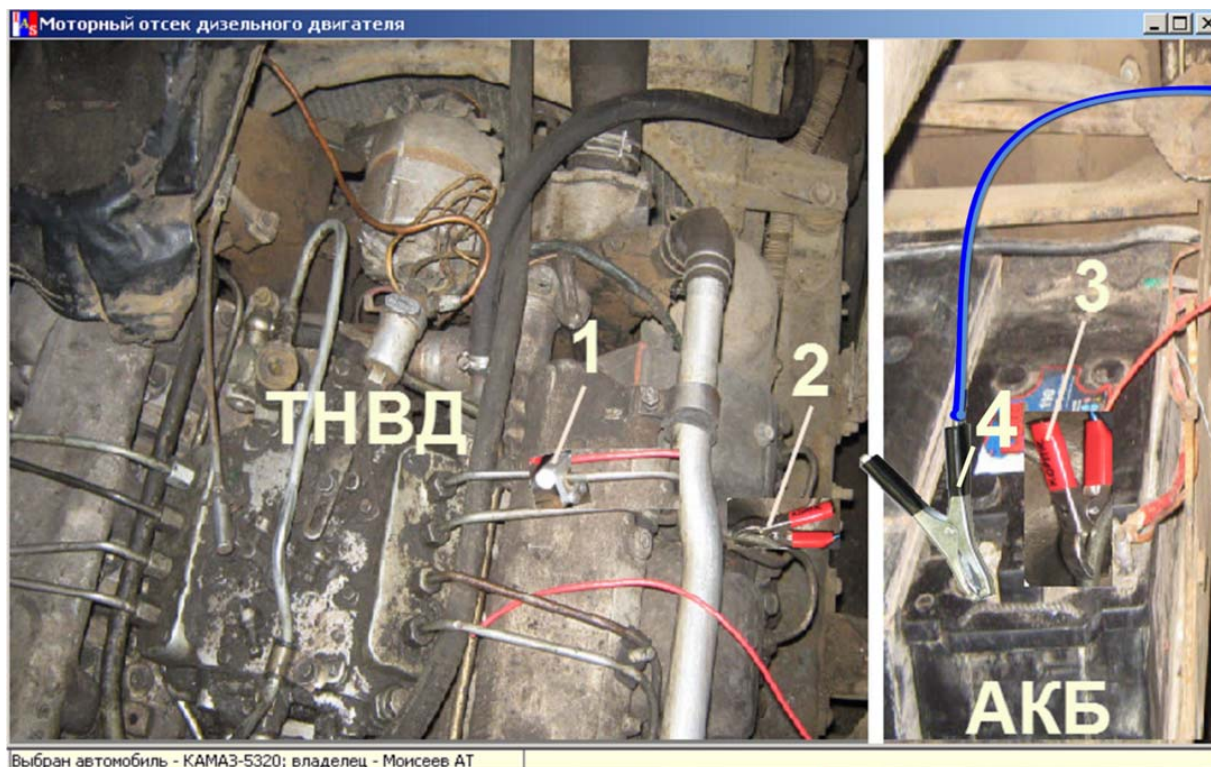


Рис.4.6. Моторный отсек дизельного двигателя с накладным датчиком давления 1 и зажимами 2, 3, 4

Необходима предварительная подготовка, которая должна проходить в условиях приближенных к производственным, т.е. на экране компьютера должно воспроизводиться возможное изменение давления в топливной системе соответствующее заданной неисправности, а диагност должен правильно его идентифицировать.

С этой целью предлагается ввести модуль воспроизводящий осциллограммы давления при различных неисправностях элементов системы питания на основе чего создается база данных с осциллограммами давления при различных неисправностях топливной системы.

Так как описать осциллограммы аналитическими зависимостями не предоставляется возможным, то при создании базы осциллограмм использован метод оцифровки уже существующих осциллограмм, которая производилась с помощью программы Graph2Digit2. Оцифровка выполнялась по

цвету линии графика (цвет линии – синий), который был предварительно подготовлен (рис. 4.7). Далее были заданы пределы и шаги оцифровки по координатным осям. Поскольку весь процесс изменения давления при впрыске топлива проходил за 20 мс, предел по абсциссе был принят равным 200. Шаг в нашем случае равен 1, что в переводе в мс составило 0,1 мс. Такие параметры позволили наиболее точно оцифровать исходный график и получить базу данных по данной зависимости, которая была трансформирована в файл системы управления базами данных Paradox.

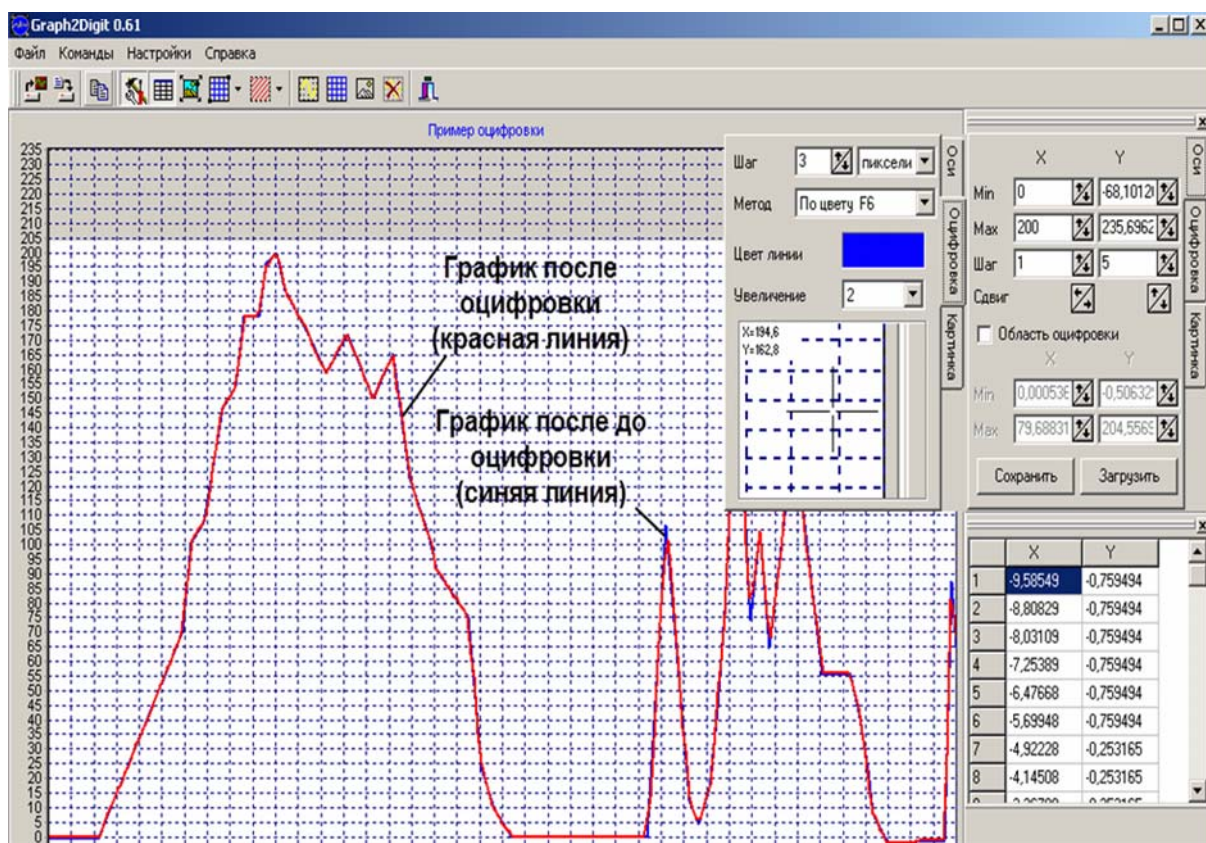


Рис.4.7. Оцифровка графика давления топлива

Для выхода в режим диагностирования системы питания предлагается запустить двигатель и нажать кнопку F4 «Осциллограмма».

На экране появится осциллограмма синего цвета 1 (рис. 4.8), характеризующая пульсацию давления в топливной системе диагностируемого двигателя и осциллограмма зеленого цвета 2, характеризующая изменение давления топлива при отсутствии неисправностей (контрольная осциллограмма). Сопоставляя эти осциллограммы, программа по допустимому значению может найти совпадающие осциллограммы синего цвета 1 (осциллограмма диагностируемого двигателя) и красного цвета 3 (осциллограмма из базы данных соответствующая известной неисправности), т.е. определить неисправность топливной системы дизеля.



Рис. 4.8. Окно с осциллограммами

Добавив функцию вызова осциллограмм давления топлива с возможными неисправностями во время диагностирования двигателя, можно обеспечить сравнение реальной и базовой осциллограмм. Это позволит упростить процесс выявления отказов.

При запуске программы, оператор выбирает дату проведения диагностирования, наработку дизеля, категорию условий эксплуатации и климатические условия эксплуатации автомобиля (рис. 4.9).

НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДИЗЕЛЕ

СЕГОДНЯШНЯЯ ДАТА: ЧИСЛО МЕСЯЦ январь ГОД 2011

НАРАБОТКА ДИЗЕЛЯ С НАЧАЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЛИ ПОСЛЕ КАП. РЕМОНТА: менее 500 м/ч более 500 м/ч

КАТЕГОРИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ: I II III IV V

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЗОНА: юг север средняя полоса

Рис. 4.9. Выбор условий эксплуатации

Затем осуществляется переход непосредственно к диагностированию топливной системы двигателя на холостых оборотах. Для наглядности наличия неисправности на графиках изначально присутствуют графики нормальной работы элементов топливной системы дизеля (рис. 4.10).

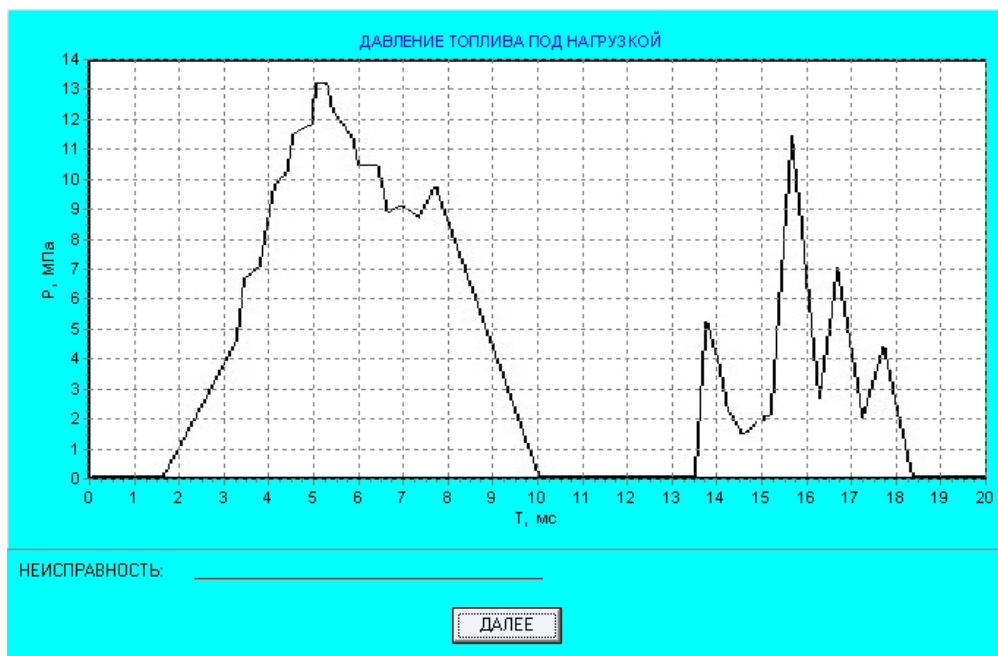


Рис. 4.10. Диагностика топливной системы на холостом ходу

Следующий этап – диагностика дизеля под нагрузкой (рис. 4.11). Здесь также для наглядности наличия неисправности на графиках изначально присутствуют графики нормальной работы элементов топливной системы дизеля под нагрузкой.

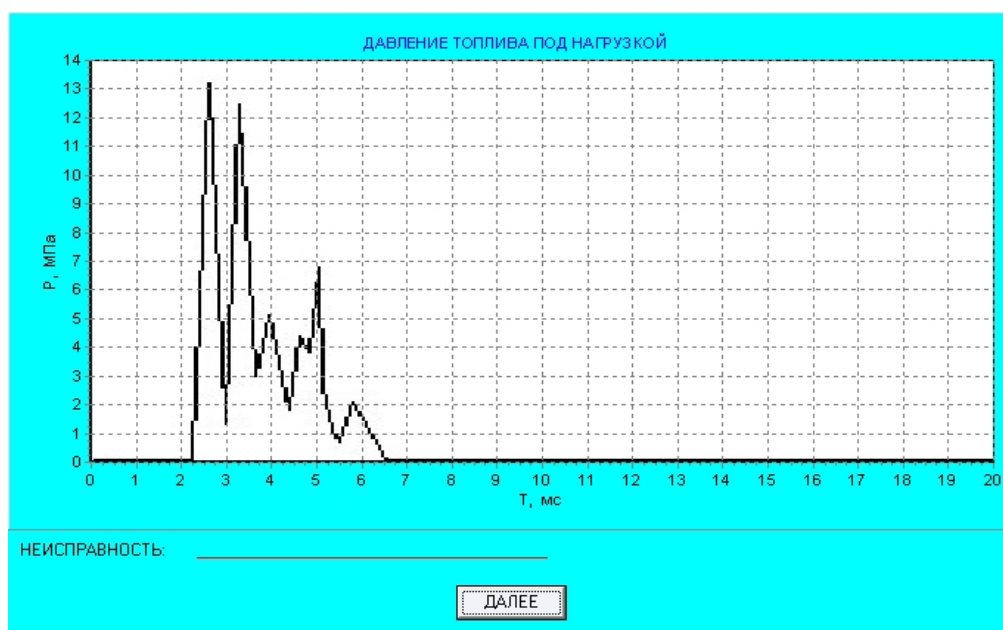


Рис.4.11. Диагностика топливной системы под нагрузкой

Под графиками в случае выявления неисправности появляется надпись, характеризующая эту неисправность, например, «нарушение подвижности иглы распылителя». Если неисправностей не выявлено, появится надпись «неисправностей не обнаружено». На рисунках 4.12–4.27 представлен вид рабочего окна программы при наличии в топливной системе двигателя наиболее характерных неисправностей.

Неисправности холостого хода

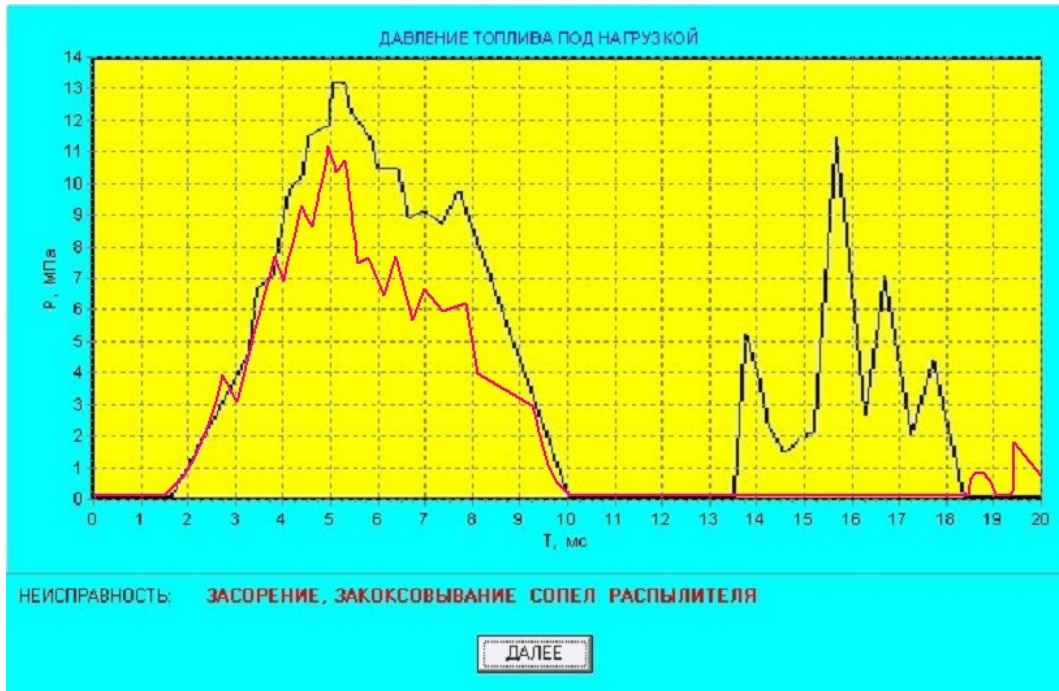


Рис.4.12. Засорение, закоксовывание сопел распылителя форсунки

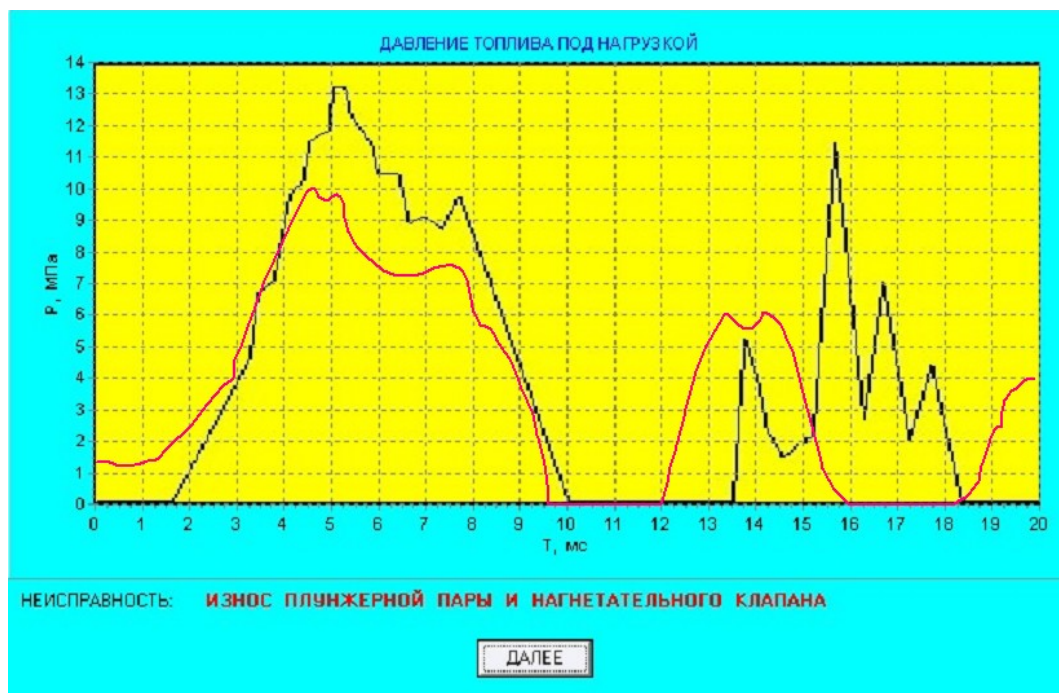


Рис.4.13. Износ плунжерной пары и нагнетательного клапана

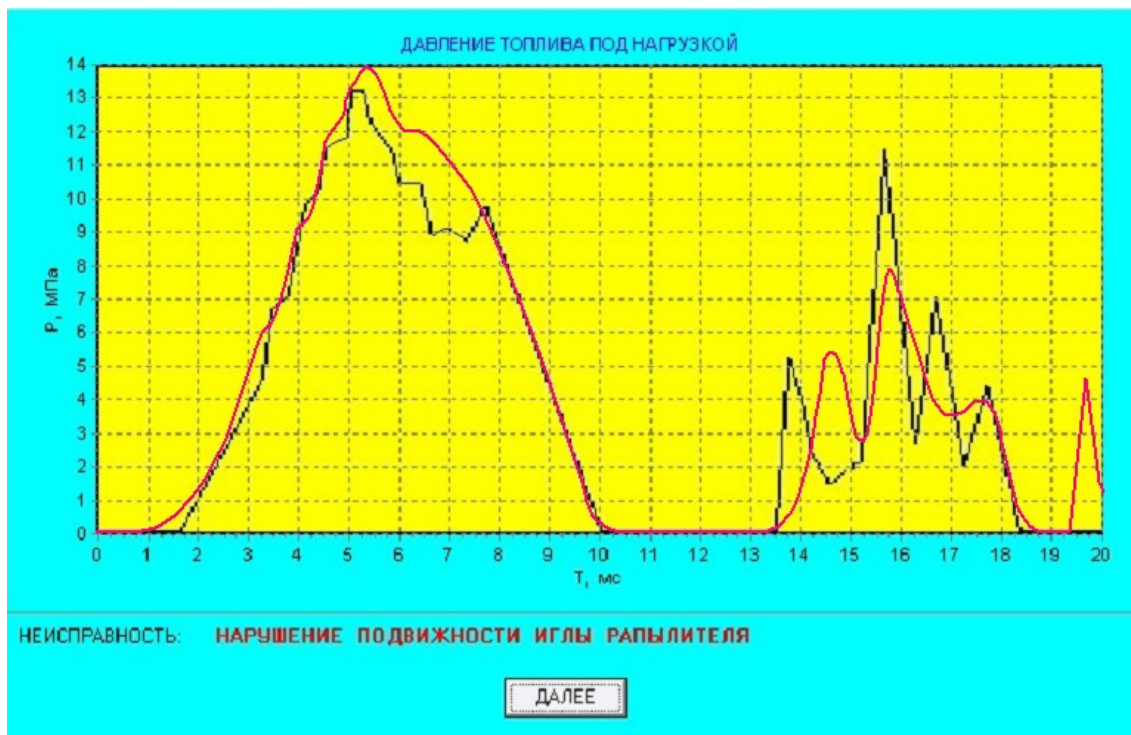


Рис.4.14. Нарушение подвижности иглы распылителя

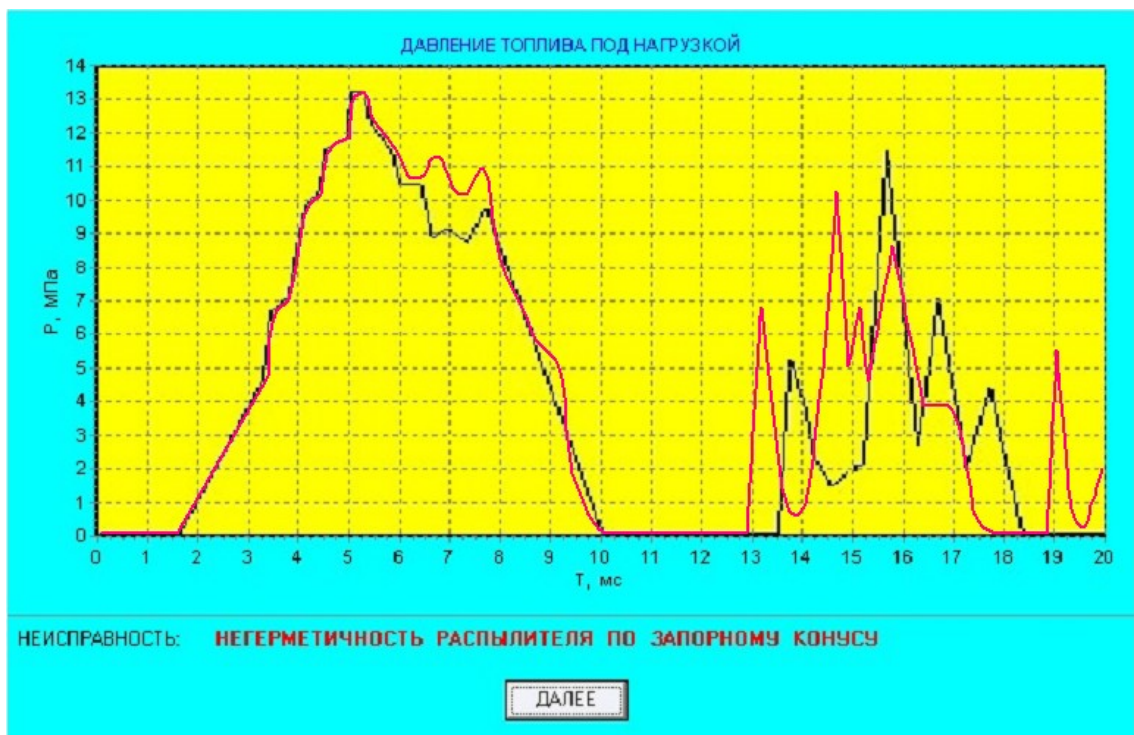


Рис. 4.15. Негерметичность распылителя по запорному контуру

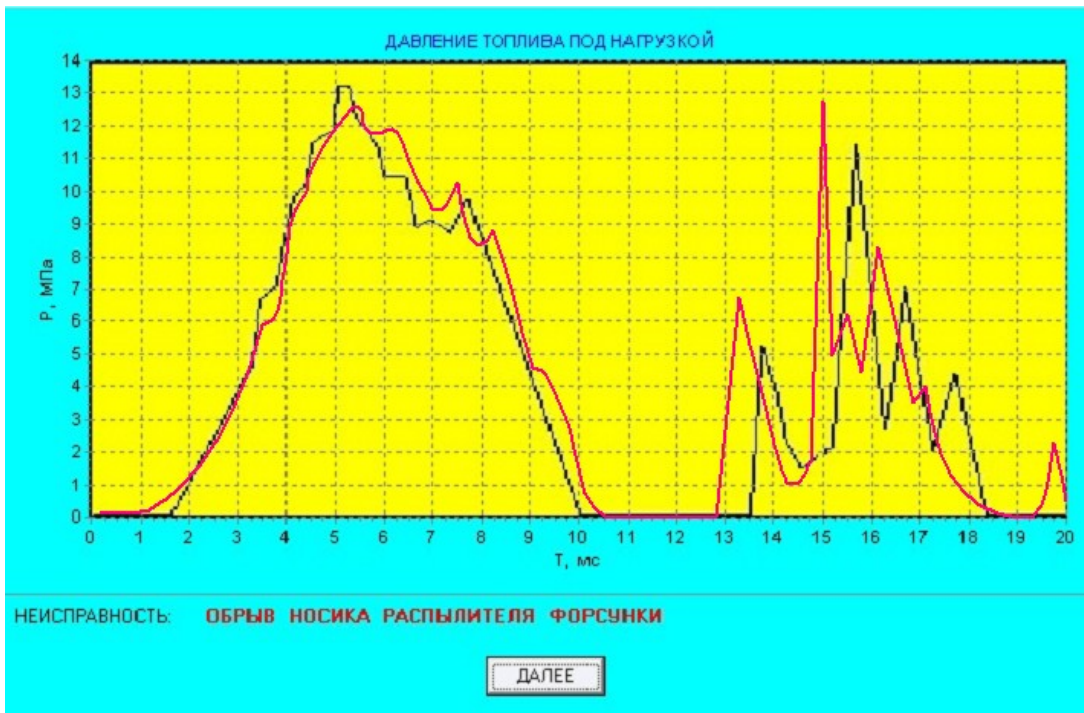


Рис.4.16. Обрыв носика распылителя форсунки

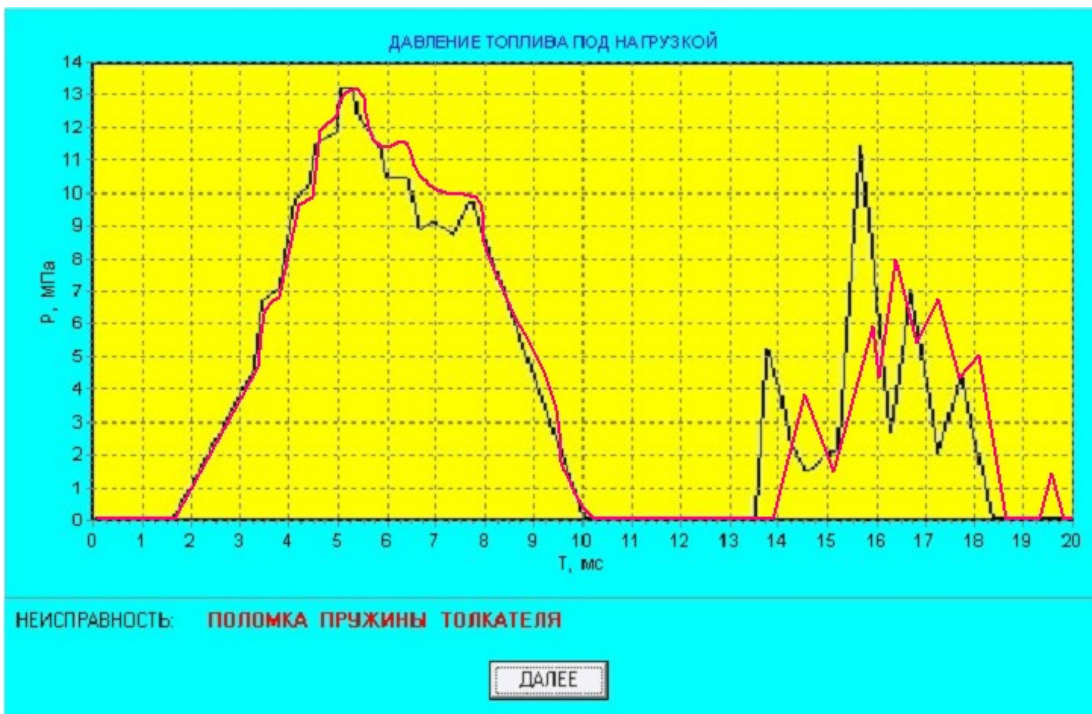


Рис.4.17. Поломка пружины толкателя

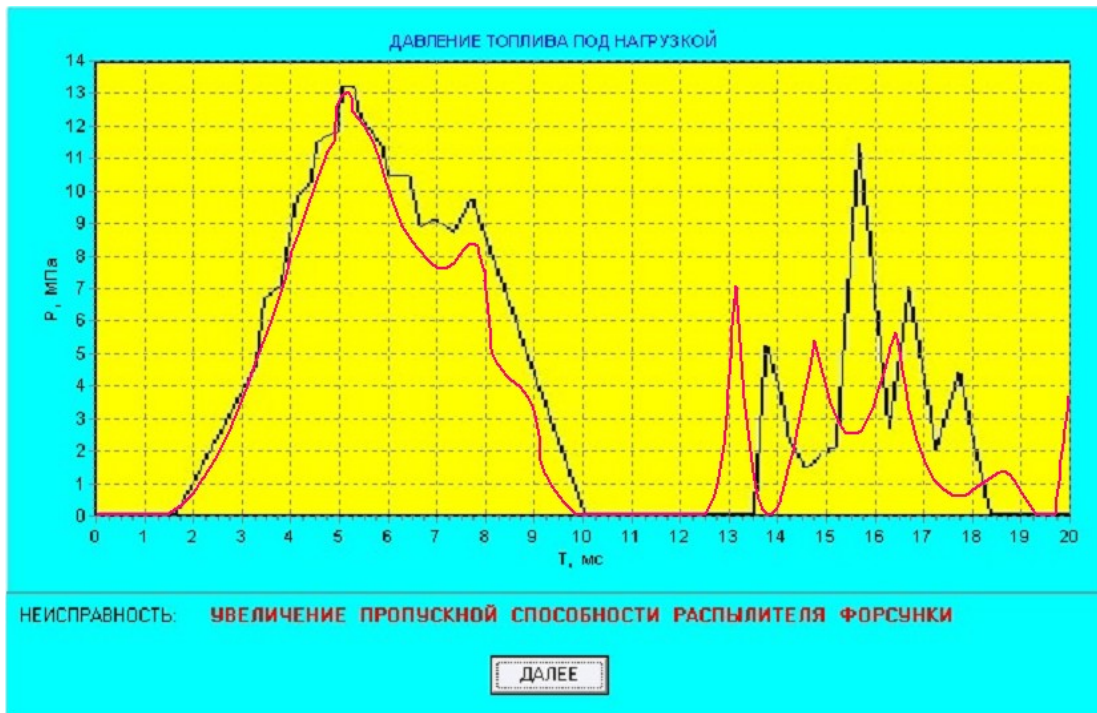


Рис.4.18. Увеличение пропускной способности распылителя

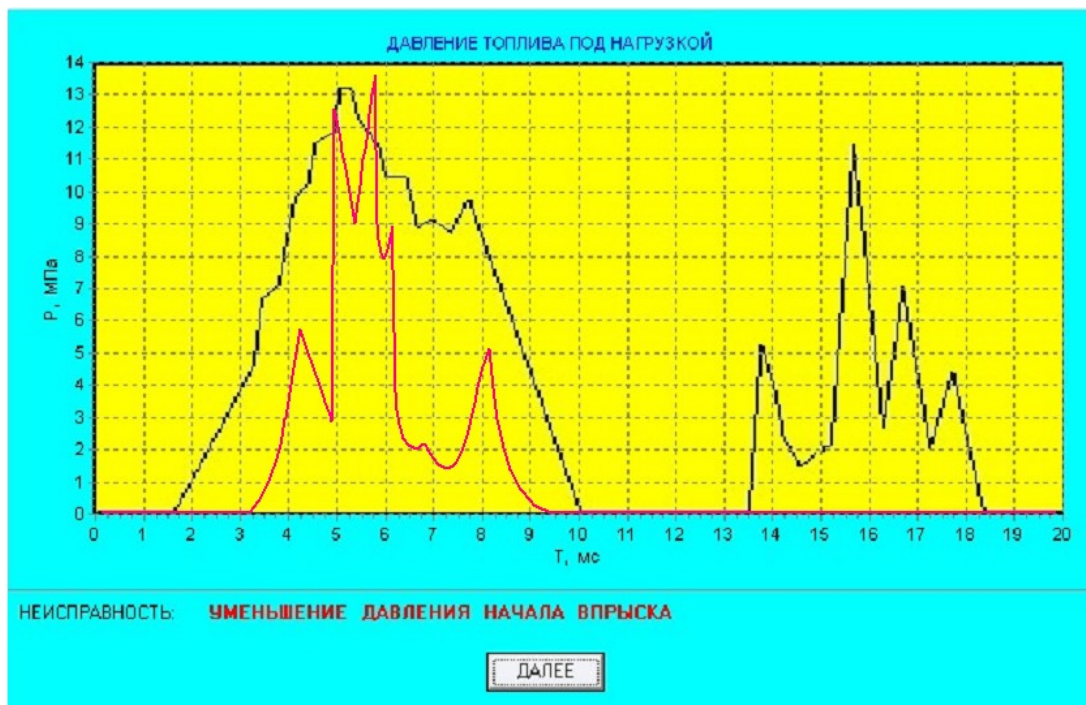


Рис.4.19. Уменьшение давления начала впрыска

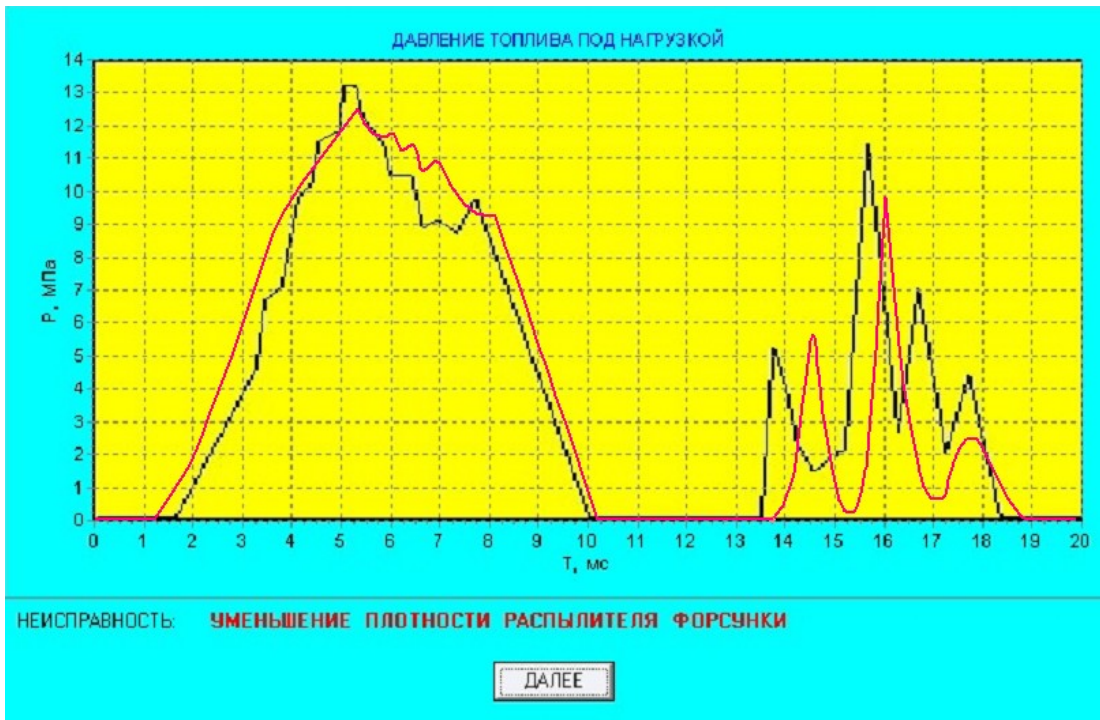


Рис.4.20. Уменьшение плотности распылителя форсунки

Неисправности нагрузочного режима

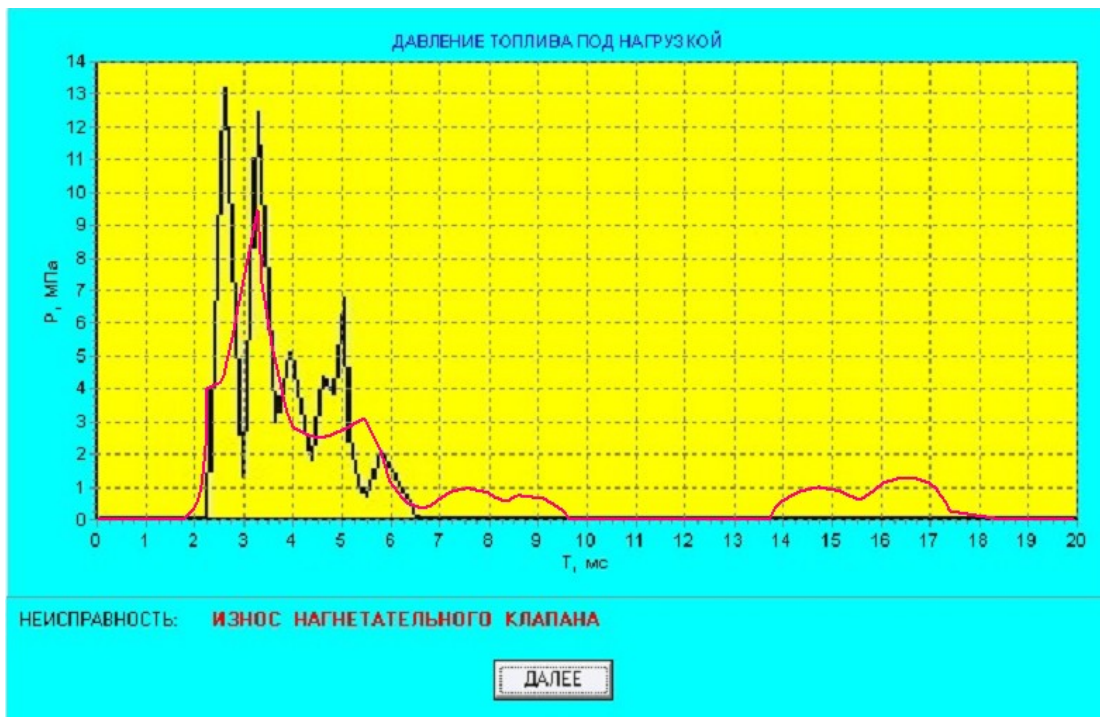


Рис.4.21. Износ нагнетательного клапана

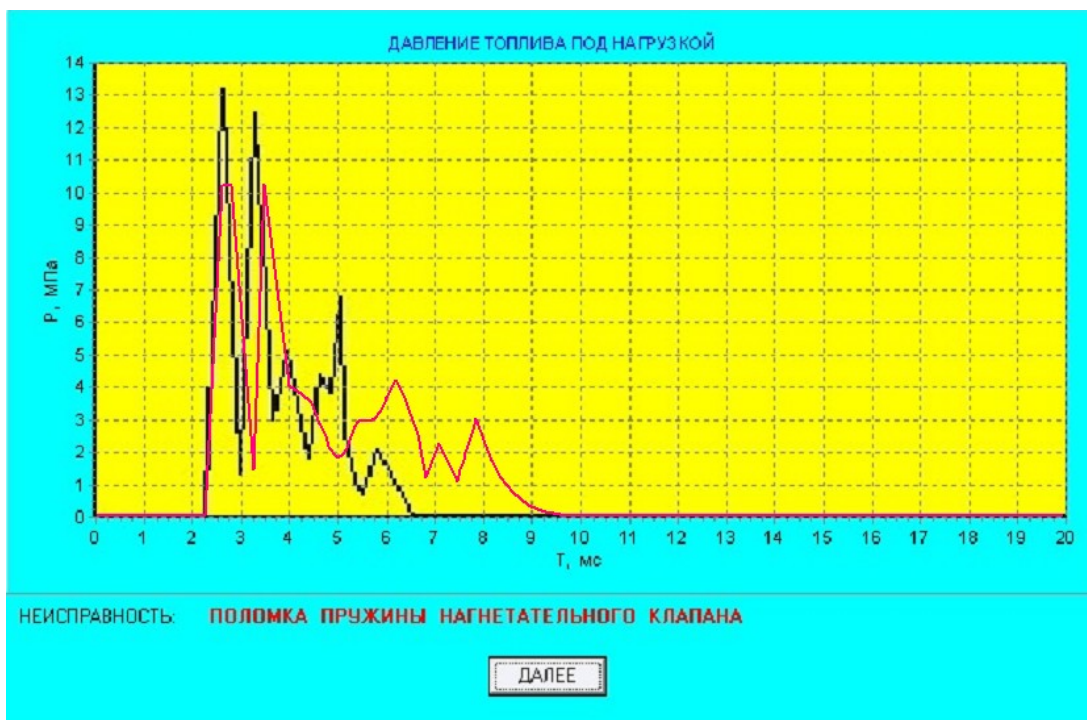


Рис. 4.22. Поломка пружины нагнетательного клапана

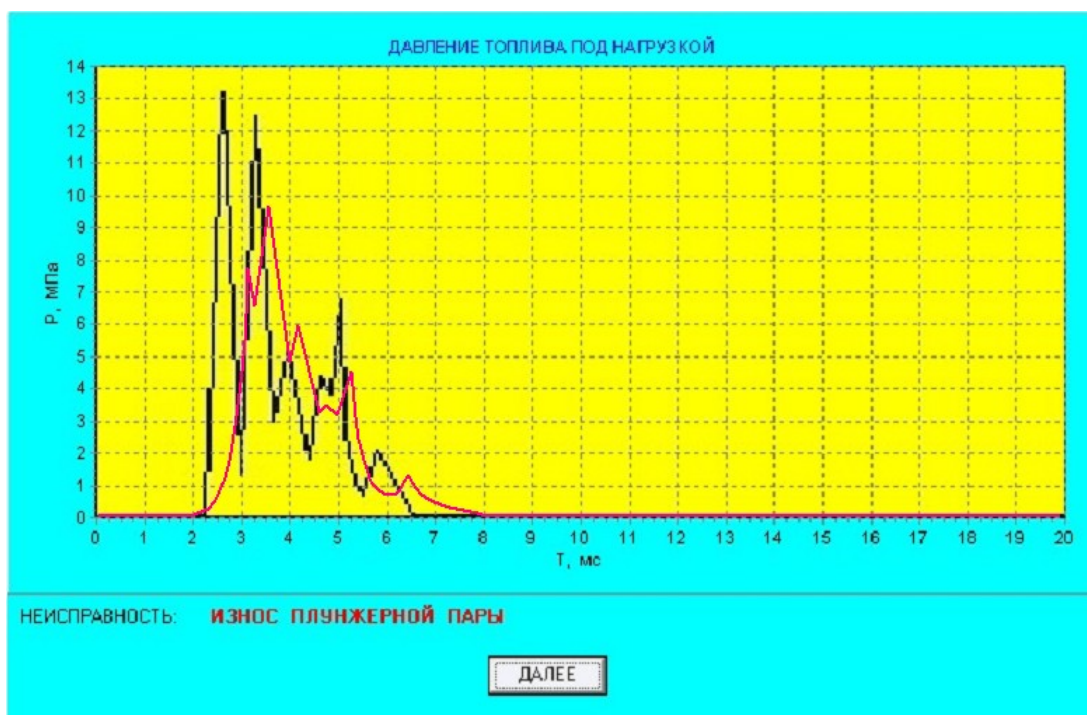


Рис. 4.23. Износ плунжерной пары

Затем система переходит к поиску неисправностей путём опроса водителя автомобиля, который выбирает из предложенных вариантов неправильной работы двигателя наиболее характерные признаки, которые он заметил на своём автомобиле. Опросная система имеет древовидную структуру. Далее приводится один из возможных путей формирования заявки о неисправности.

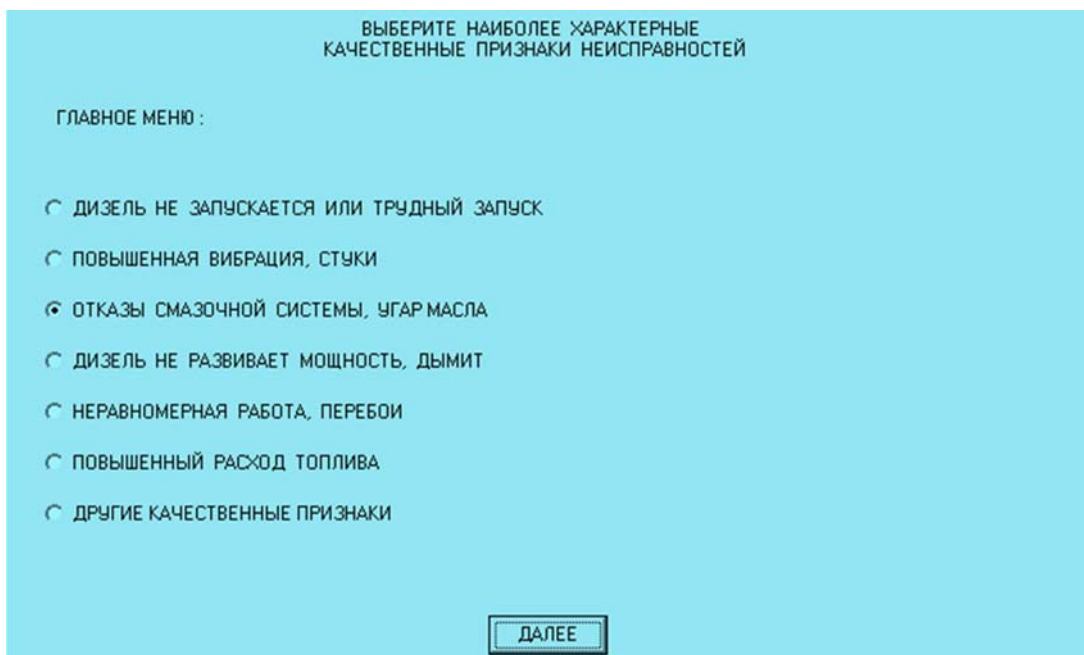


Рис. 4.24. Главное меню

Для перемещения по меню используются "стрелки", выбор позиций осуществляется нажатием клавиши "Space". Переход к следующему меню в древовидной структуре осуществляется нажатием клавиши "ДАЛЕЕ".

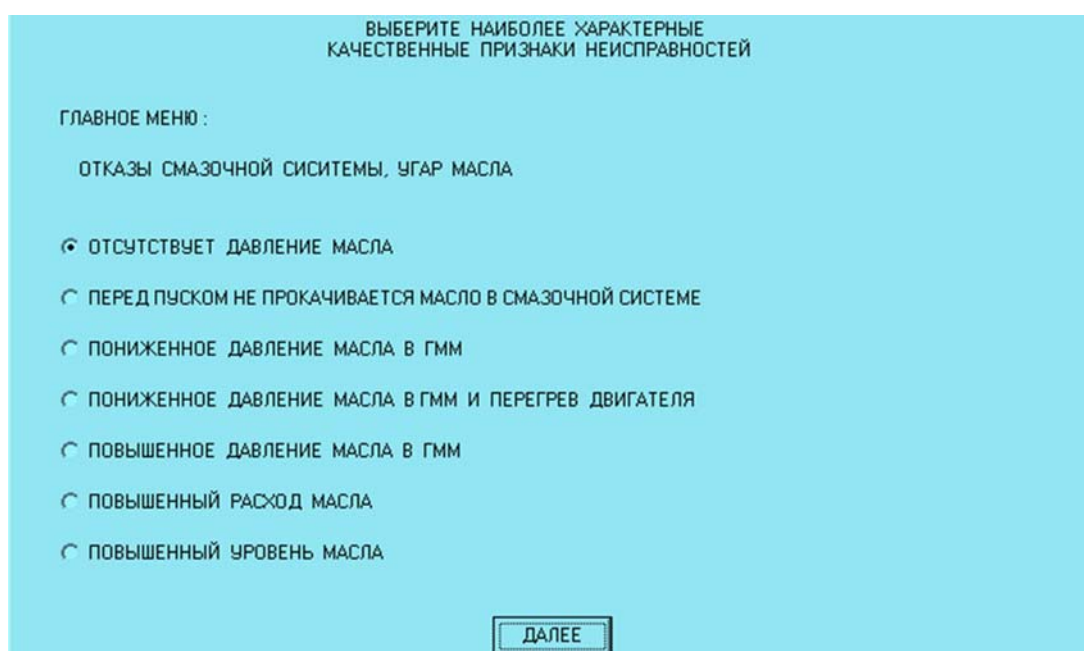


Рис.4.25. Выбор нужного признака

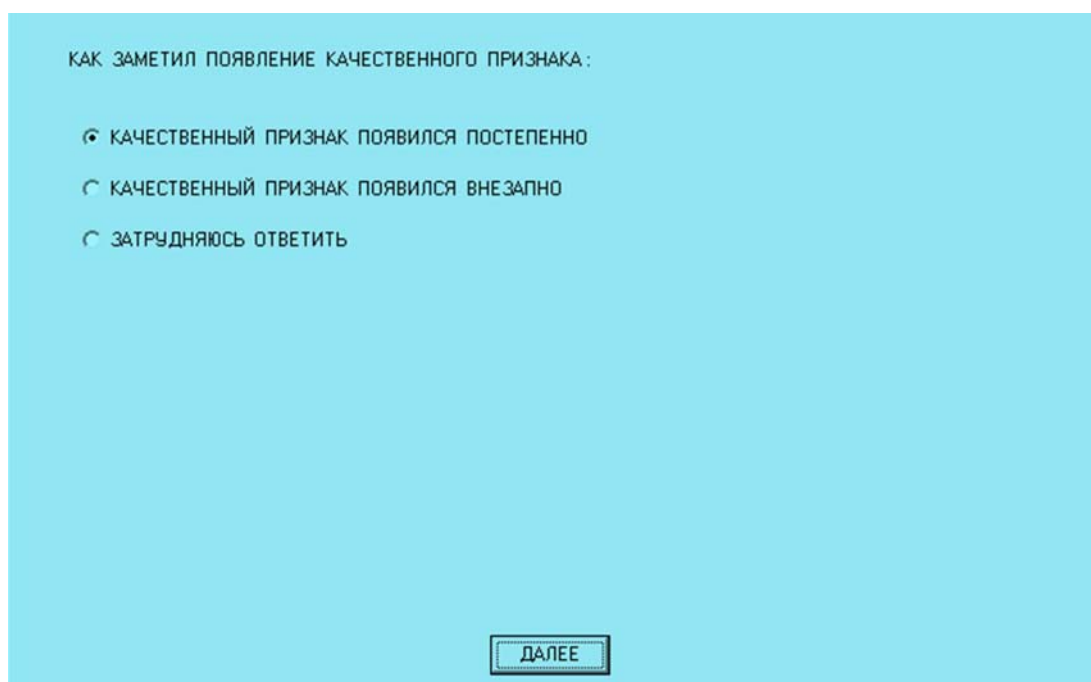
Последовательность опроса диагноста по этим вопросам зависит от частоты появления признаков и составляется на основании статистических данных, собранных в условиях эксплуатации. На основании полученной информации на этом этапе определяются вероятные гипотезы – элементы двигателя, подозреваемые на отказ.

По завершении этапа выбора качественных признаков в системе происходит просмотр базы данных и формирование рабочего набора предполагаемых неисправностей, обеспечивающих решение задачи поиска неисправностей.

На втором этапе поиска неисправностей система в диалоге проводит опрос пользователя о том, какая наработка двигателя, какие ремонтно-обслуживающие работы проводились в последнее время, как он заметил появление качественного признака, какие работы выполнял, какие ещё сопутствующие качественные признаки проявляются при этом. На этом этапе поиска определяющим при последовательности задания вопросов является логическая целесообразность того или иного вопроса. На этом этапе взаимодействие пользователя с системой происходит посредством последовательного предъявления пользователю вопросов системы и выбором им вариантов ответа в меню различных типов.

На рисунках приводится одна из возможных вопросов, предъявляемых системой пользователю при поиске неисправности на втором этапе.

Несмотря на низкую трудоёмкость ответа на отдельный вопрос, необходимо вводить ограничение на общее число при задании более 12 опросных вопросов диагносту трудно отвечать на них, у него ослабевает внимание, слишком любопытная система вызывает раздражение. При оптимизации процедуры поиска на этом этапе учитывается, насколько заданные вопросы увеличат вероятность рассматриваемых гипотез, кроме этого каждый вопрос проверяется на соответствие стилистической и технологической логике поиска.



КАК ЗАМЕТИЛ ПОЯВЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО ПРИЗНАКА :

- КАЧЕСТВЕННЫЙ ПРИЗНАК ПОЯВИЛСЯ ПОСТЕПЕННО
- КАЧЕСТВЕННЫЙ ПРИЗНАК ПОЯВИЛСЯ ВНЕЗАПНО
- ЗАТРУДНЯЮСЬ ОТВЕТИТЬ

ДАЛЕЕ

Рис.4.26. Определение характера появления неисправности

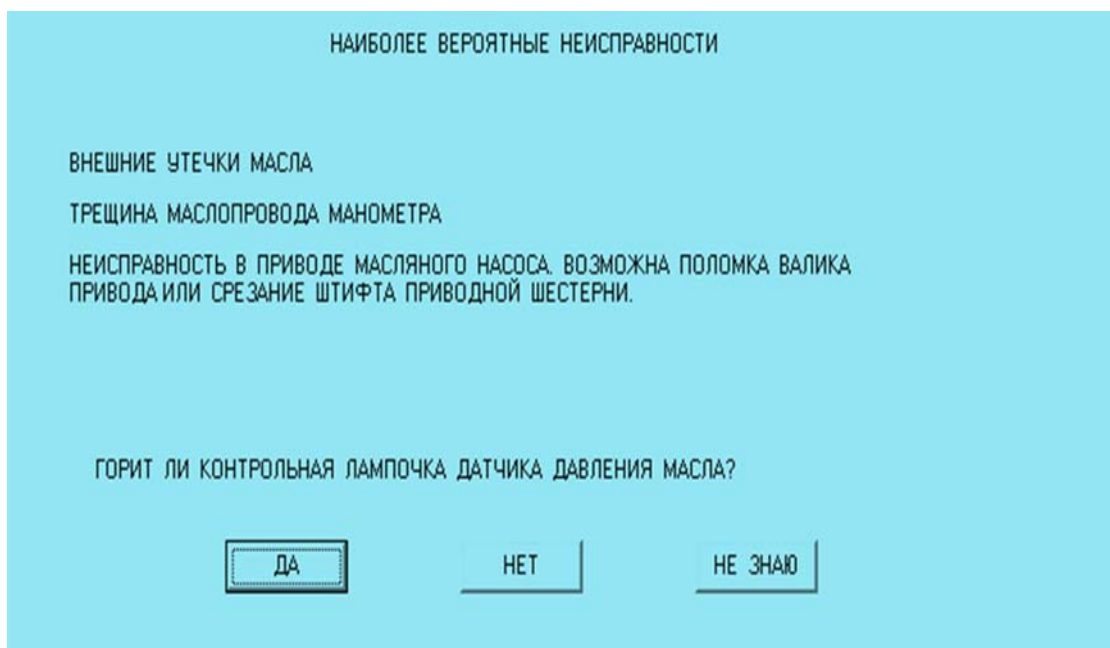


Рис. 4.27. Выбор из списка возможных неисправностей

По результатам опроса уточняются вероятности рассматриваемых гипотез. В ряде случаев, основываясь только на результатах ответов на опросные вопросы, можно принять диагностическое решение. Например, если наблюдается снижение мощности, черный цвет выхлопных газов, дизель работал под большой нагрузкой в условиях сильной запыленности, то наиболее вероятной неисправностью является – засоренность воздухоочистителя. Диагностическая система обладает знаниями о типичных ситуациях, соответствующих наличию наиболее часто встречающихся неисправностей. В ходе опроса система анализирует полученную информацию и формирует гипотезы о неисправностях.

На третьем этапе поиска система предлагает диагносту в оптимальной последовательности провести диагностические проверки по качественным признакам и с использованием инструментальных средств диагностирования. Номенклатура диагностических средств, применяемых при поиске, легко изменяется в соответствии с имеющимися у пользователя.

Взаимодействие пользователя с системой происходит посредством последовательного предъявления пользователем заданий на проведение диагностических проверок. При этом пользователю доступна инструкция о технологии проведения проверки. По результату проверки пользователь выбирает вариант ответа в меню. Работа с меню производится аналогично тому, как это описано выше. На рис. 4.28–4.30 приводится одна из возможных последовательностей взаимодействия с системой при выполнении диагностических проверок.

НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ

ВНЕШНИЕ УТЕЧКИ МАСЛА
 ТРЕЩИНА МАСЛОПРОВОДА МАНОМЕТРА
 НЕИСПРАВНОСТЬ В ПРИВОДЕ МАСЛЯНОГО НАСОСА. ВОЗМОЖНА ПОЛОМКА ВАЛИКА ПРИВОДА ИЛИ СРЕЗАНИЕ ШТИФТА ПРИВОДНОЙ ШЕСТЕРНИ.

ВНЕШНИМ ОСМОТРОМ ОПРЕДЕЛИТЕ НАБЛЮДАЮТСЯ ЛИ УТЕЧКИ МАСЛА?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

Рис.4.28. Пример осмотра автомобиля по запросу системы

НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ

ТРЕЩИНА МАСЛОПРОВОДА МАНОМЕТРА
 НЕИСПРАВНОСТЬ В ПРИВОДЕ МАСЛЯНОГО НАСОСА. ВОЗМОЖНА ПОЛОМКА ВАЛИКА ПРИВОДА ИЛИ СРЕЗАНИЕ ШТИФТА ПРИВОДНОЙ ШЕСТЕРНИ
 НАРУШЕНИЕ КРЕПЛЕНИЯ МАСЛЯНОГО НАСОСА ИЛИ МАСЛОЗАБОРНИКА

ПОДОЗРЕВАЕТСЯ: ТРЕЩИНА МАСЛОПРОВОДА МАНОМЕТРА. ВНЕШНИМ ОСМОТРОМ ОПРЕДЕЛИТЕ НАБЛЮДАЕТСЯ ЛИ ПОДТЕКАНИЕ МАСЛА В МАСЛОПРОВОДЕ МАНОМЕТРА?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

Рис. 4.29. Пример последовательного исключения неисправностей

НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ

НЕИСПРАВНОСТЬ В ПРИВОДЕ МАСЛЯНОГО НАСОСА. ВОЗМОЖНА ПОЛОМКА ВАЛИКА ПРИВОДА ИЛИ СРЕЗАНИЕ ШТИФТА ПРИВОДНОЙ ШЕСТЕРНИ.
 НАРУШЕНИЕ КРЕПЛЕНИЯ МАСЛЯНОГО НАСОСА ИЛИ МАСЛОЗАБОРНИКА

ПРИ РЕЗКОМ ПАДЕНИИ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА ДО НУЛЯ В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ ПОДОЗРЕВАЕТСЯ НЕИСПРАВНОСТЬ ПРИВОДА МАСЛЯНОГО НАСОСА. ПРОВЕРЬТЕ СОДЕРЖАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ В РОТОРЕ МАСЛЯНОЙ ЦЕНТРИФУГИ. НАБЛЮДАЕТСЯ ЛИ БЛЕСК В ОТЛОЖЕНИЯХ? ПРОВЕРЬТЕ ПРИТЯГИВАЕТСЯ ЛИ ОН СТРУЖКА НА МАГНИТ /СТРУЖКА НА МАГНИТЕ БОЛЕЕ ОТЧЕТЛИВО ВИДНА, ЕСЛИ ПРОПОЛАСКАТЬ МАГНИТ В ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ/?

ДА НЕТ НЕ ЗНАЮ

Рис.4.30. Пример запроса системы на проведение опыта

Работа экспертной системы заканчивается определением наиболее вероятной гипотезы – неисправности двигателя.

После обнаружения неисправности система предлагает пользователю решить вопрос о продолжении поиска. Если обнаруженная неисправность оказалась ошибочной или после восстановления неисправности работа двигателя не нормализовалась, рекомендуется продолжить поиск (рис. 4.31).

В случае недостатка знаний для поиска неисправностей или при поступлении от пользователя некорректной информации, система предлагает выйти в операционную систему или начать поиск заново.

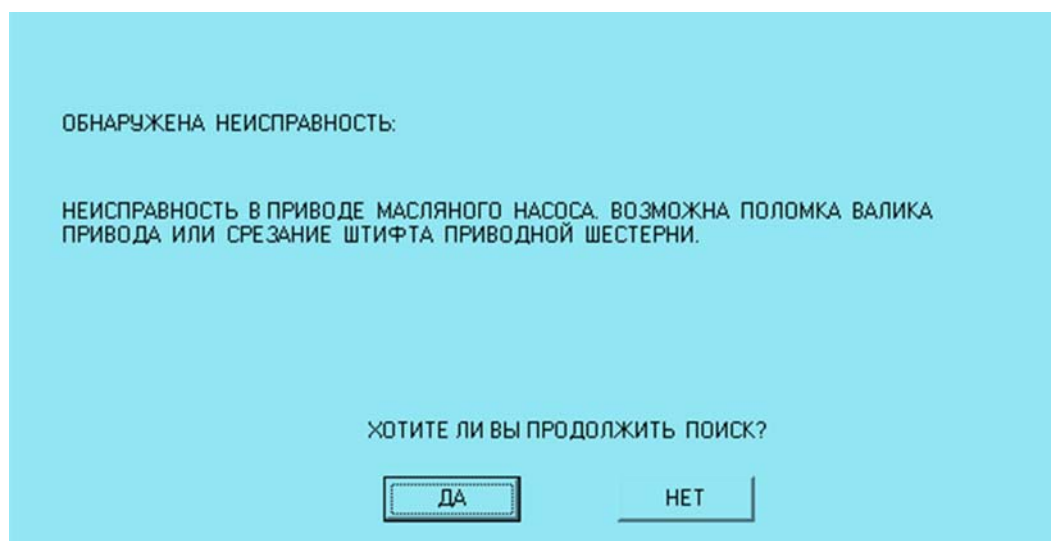


Рис. 4.31. Обнаружение неисправности

4.2. Макетный образец 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 рис. 4.32. В таком же исполнении прибор может устанавливаться на автомобиль и являться системой бортовой диагностики транспортного дизеля.

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.

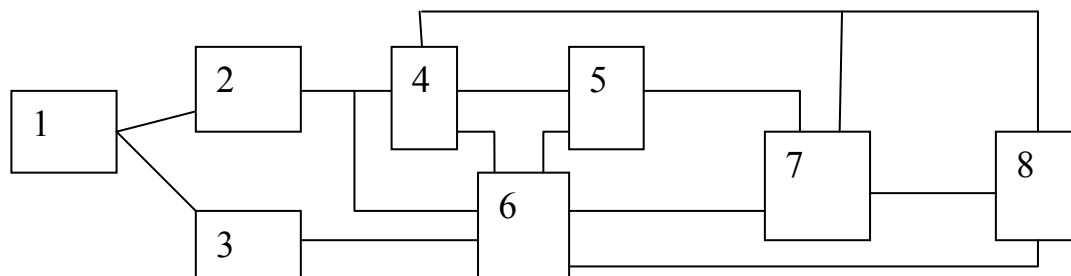


Рис. 4.32. Устройство для диагностирования дизеля:
 1 – датчик давления топлива; 2 – формирователь сигнала датчика частоты вращения коленчатого вала; 3 – формирователь сигнала датчика момента впрыска топлива; 4 – блок вычисления угловой скорости; 5 – блок вычисления углового ускорения; 6 – блок управления; 7 – арифметическое логическое устройство; 8 – блок индикации.

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 ($\omega_{\text{мин1}}$). Одновременно блок 7 осуществляет выбор максимального значения углового ускорения, приходящегося на первую половину рабочего хода в первом цилиндре ($\epsilon_{\text{макс1}}$).

При повороте коленчатого вала на угол равный $720/(3 \cdot i)$ (где i – 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 ($\omega_{\text{макс1}}$). Одновременно блок 7 осуществляет выбор минимального значения углового ускорения, приходящегося на вторую половину такта расширения в первом цилиндре ($\epsilon_{\text{мин1}}$).

При повороте коленчатого вала на угол, равный $720/I$, блок 6 подает третий управляющий сигнал, по которому блок 7 прекращает выбор макси-

мального 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 ($\omega_{\min i}, \epsilon_{\max i}$).

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 среднее значение приращений угловой скорости от минимального значения ($\omega_{\min i}$) до максимального ($\omega_{\max i}$), приходящегося на такт расширения каждого цилиндра ($\Delta\omega_i$), и уменьшение угловой скорости от максимального его значения для i -го цилиндра до минимального его значения, приходящегося на такт расширения в следующем по порядку работы цилиндре, т.е. для $(i+1)$ -го цилиндра ($\Delta\omega'_i$), 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 (рис. 4.33) обработка и вывод сигнала выполнялся с помощью встроенной системы диагностирования (рис. 4.34).



Рис. 4.33. Датчики давления топлива с пружинным и эксцентриковым зажимом

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.



Рис. 4.34. Внутренний и внешний вид встроенной системы диагностирования

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.

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.

4.3. 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 экс-

платуацию 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 (50 автомобилей).

Ожидаемый годовой эффект от внедрения диагностирования дизелей можно определить по формуле [86]:

$$\mathcal{E}_T = (C_1 - C_2) - E_H \cdot K, \quad (4.1)$$

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. 4.2.

Т а б л и ц а 4 . 2

Исходные данные расчета экономической эффективности внедрения встроенной системы диагностирования

№ п/п	Наименование показателя	Значения показателей	
		До внедрения	После внедрения
1	Списочное количество автомобилей, шт.	50	50
2	Годовой пробег автомобилей, тыс. км	50	50
3	Годовые затраты на топливо, руб.	8305000	8221950
4	Трудовые затраты на ТО и Р двигателей, чел.-ч/(авт. год)	80,5	76,5
5	Трудоемкость диагностирования, чел.-ч/(авт. год)	–	2,52
6	Затраты на запасные части и материалы, руб./(авт. год)	500	485
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, руб./(авт. ч)	50	50
12	Стоимость оборудования, руб.	12	15000

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, а также за счет применения диагностического комплекса для некоторых видов регулировки системы питания.

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

$$\mathcal{E}_{\text{ТО}} = (T_{\text{ТО}} - T'_{\text{ТО}} - T_{\text{Д}}) \cdot q_{\text{р}}, \quad (4.2)$$

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

$T_{\text{Д}}$ – годовая трудоемкость диагностирования внедряемым оборудованием чел.-ч;

$q_{\text{р}}$ – тарифная ставка ремонтного рабочего, руб./чел.-ч.

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

$$\mathcal{E}_{\text{в}} = q \cdot (P_{\text{возвр}} \cdot t_{\text{возвр}} + P_{\text{опозд}} \cdot t_{\text{опозд}}), \quad (4.3)$$

где $P_{\text{возвр}}$ и $P_{\text{опозд}}$ – 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, ч;

q – средняя прибыль за один час работы автомобиля, руб.

Эксплуатационные расходы, связанные с содержанием внедряемого оборудования можно определить:

$$Z_{\text{экс}} = C_{\text{об}} \cdot K_{\text{а}} + Z_{\text{э}}, \quad (4.4)$$

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

$Z_{\text{э}}$ – эксплуатационные затраты: электроэнергия, ТО и ремонт оборудования, принимаем десять процентов от стоимости оборудования $0,1 C_{\text{об}}$.

Результаты расчета экономической эффективности внедрения строенной системы диагностирования сведены в табл. 4.3.

Т а б л и ц а 4 . 3

Результаты расчета экономической эффективности внедрения системы встроеного диагностирования дизелей

№ п/п	Наименование показателей	Величина показателя
1	Капитальные затраты на диагностическое оборудование, руб.	15000
2	Затраты на эксплуатацию оборудования, руб./год	3160
	Всего:	18160
3	Годовая экономия затрат на топливо, руб./год.	93113
4	Годовая экономия затрат от сокращения трудоемкости ТО и Р, руб./год	12307
5	Годовая экономия затрат на запасные части и материалы, руб./год	6800
6	Годовая экономия затрат от сокращения потерь транспортной работы, руб./год	1200
7	Всего:	87388
8	Экономический эффект от внедрения системы технического диагностирования дизелей, руб./год.	69288
9	Срок окупаемости, лет.	0,262

Анализ результатов расчета показывает высокую экономическую эффективность внедрения системы технического диагностирования дизелей даже на небольших предприятиях, что подтверждает небольшим сроком окупаемости проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для малых и средних АТП, а также автоколонн, работающих в отрыве от производственных баз на основе анализа разработан вероятностно-логический метод выявления неисправностей дизелей, перспективный в отношении массового внедрения, с реализацией, как в средствах внешнего, так и встроенного диагностирования.

Разработана математическая модель коэффициента вероятностно-логического $K_{вл}$ и коэффициента издержек K_i вероятностно-логического метода выявления неисправностей обеспечивающая эффективное использование систем диагностирования.

В результате проведения анализа экспериментальных данных, полученных по автомобилям КАМАЗ, выявлено, что в исследуемый период основная доля отказов в топливной системе приходится на плунжерную пару ТНВД 6,7 %; иглу форсунки 11,9 % пружину форсунки 11,2 %, пружину нагнетательного клапана ТНВД 2,4 %, крепления элементов не рассматривались в процессе диагностирования, потому что они являются отказами не прогнозируемыми.

Разработана методика постановки диагнозов и определения диагностических воздействий, на основании которой построен алгоритм постановки диагноза технического состояния дизеля.

Разработана методика определения влияния встроенной системы диагностирования на показатели эффективности объектов исследования. Для стратегии встроенного диагностирования по сравнению с профилактической стратегией средняя наработка на отказ увеличилась на 27 %, при этом удельные суммарные затраты снизились на 12 %. – снижение издержек на диагностирование, в зависимости от простоя и затрат на ремонт.

Разработан и внедрен в производственный процесс ТО и ремонта автомобилей УДС № 5 г. Рязани макетный образец прибора для диагностирования дизельных двигателей. Расчетный экономический эффект от внедрения прибора составляет 69288 руб. на один автомобиль в год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксельрод, Д.И. Поэлементное диагностирование топливной аппаратуры высокого давления дизельных двигателей [Текст] / Д.И. Аксельрод // Тр. МАДИ. 1980. – С. 25.
2. Алиев, А.М. Оценка характеристик топливоподачи высокого давления [Текст] / А.М. Алиев // Вестник МГАУ. – 2009. – №4 – С. 36.
3. Алиев А.М. Анализ средств и технологий диагностирования топливных систем дизеля [Текст] / А.М. Алиев // Вестник МГАУ. – 2009. – № 4 – С. 98.
4. Алиев, А.М. Совершенствование метода и разработка средств диагностирования плунжерных пар при техническом сервисе топливной аппаратуры дизелей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03/ А.М. Алиев – М., 2011. – 167 с.
5. Андреев, Ю.В. Быстроходные дизели производства зарубежных стран [Текст]: учеб. пособие / Ю.В. Андреев, А.Е. Свистула. – Барнаул Алтайский гос. техн. ун-т им. Ползунова, 2002. – 169 с.
6. Асташенко, С.Б. Топливная аппаратура легковых автомобилей. Дизель: Устройство и обслуживание [Текст] / С.Б. Асташенко. – Минск: Автостиль, 2004. – 112 с.;
7. Бацежев, Х.Х. Улучшение показателей работы тракторных дизелей путем оптимизации параметров топливоподачи при выполнении ремонтно-обслуживающих работ [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Х.Х. Бацежев. – Краснодар, 2001. – 167 с.
8. Бацежев, Х.Х. Улучшение показателей работы тракторных дизелей путем оптимизации параметров топливоподачи при выполнении ремонтно-обслуживающих работ [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.20.03 / Х.Х. Бацежев. – Краснодар, 2001. – 21 с.
9. Баширов, Р.М. Топливные системы автотракторных и комбайновых дизелей, конструкционные особенности и показатели работы [Текст] / Р.М. Баширов. – Уфа: БГАУ, 2000. – 156 с.
10. Белявцев, А.В. Причины изменения производительности топливных насосов [Текст] // Техника в сельском хозяйстве, 1975 – № 10 – С. 19.
11. Биргер, И.А. Техническая диагностика [Текст] / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение. – 1978. – 240 с.
12. Борщенко, Я.А. Разработка метода диагностирования автомобильных дизелей по неравномерности вращения коленчатого вала [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Тюмень, 2003. – 175 с.
13. Власов, П.А. Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры [Текст] / П.А Власов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.

14. Вохмин, Д.М. Влияние режимов работы автомобилей на надежность топливной аппаратуры дизельных двигателей [Текст]: дис. ... кандидата технических наук: 05.22.10 / Д.М. Вохмин. – Тюмень, 2005. – 212 с.

15. Высоцкий, В.И. Использование уточненных методов расчета и сравнительных оценок топливных систем для улучшения показателей автотракторных дизелей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / В.И. Высоцкий. – Нальчик, 1998. – 202 с.

16. Габитов, И.И. Улучшение эксплуатационных показателей топливной аппаратуры сельскохозяйственных дизелей путем научного обоснования и реализации в ремонтном производстве технологических процессов, методов и средств диагностирования [Текст]: дис. ... на соиск. учен. степ. д.т.н.: 05.20.03 / И.И. Габитов; [С.-Петерб. гос. аграр. ун-т]. – СПб.: 2001. – 319 с.

17. Габитов, И.И. Информационно-измерительный комплекс для исследований топливоподающих систем автотракторных дизелей. Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей [Текст]: сб. науч. тр. / И.И. Габитов, А.В. Неговора, М.Д. Гафуров. – СПб.: СПбГАУ, 2000. – 118 с.

18. Головин, С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля как средство оптимизации системы технического обслуживания [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / С.И. Головин. – М., 2007. – 201 с.

19. Горбаневский, В.Е. Оборудование для испытания топливной аппаратуры дизелей [Текст] / В.Е. Горбаневский, Р.Н. Горбач. – М.: Машиностроение, 1981. – 213 с.

20. Горбаневский, В.Е. Оборудование для испытания топливной аппаратуры дизелей [Текст] / В.Е. Горбаневский, Р.Н. Горбач. – М.: Машиностроение, 1987. – 209 с.

21. ГОСТ 10579–88. Форсунки дизелей. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 15 с.

22. ГОСТ 17510–79. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 23 с.

23. ГОСТ 20760–75. Техническая диагностика. Общие положения о порядке разработки систем диагностирования. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 4 с.

24. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 13 с.

25. ГОСТ 8.009–84 Нормируемые метрологические характеристики средств измерений, 1984. – 16 с.

26. Грехов, Л.В., Топливная аппаратура и системы управления дизелей [Текст] / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: 2005. – 348 с.

27. Грехов, Л.В. Автоматизированный комплекс для исследований и диагностирования топливных систем дизельных двигателей. Рабочие процессы дизелей [Текст]: учеб. пособие. / Л.В. Грехов, В.А. Светлов, А.В. Сячинов. – Барнаул: АлтГУ, 1995 – 160 с.

28. Бельских, В.И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов [Текст] / В.И. Бельских. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 413 с.

29. Григорьев, М.А. Обеспечение надежности двигателей [Текст] / М.А. Григорьев, В.А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов. – 1978. – 322 с.

30. Данилов, С.В. Метод и цифровой прибор для автоматизированного определения цикловой подачи топлива при регулировании топливной аппаратуры дизелей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / С.В. Данилов. – М., 2010. – 125 с.

31. Джексон, Р.Г. Новейшие датчики [Текст] / Р.Г. Джексон. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.

32. Диагностики топливной аппаратуры дизельных двигателей // Труды Седьмой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием. КИИ-2000 (24–27 октября, г. Переславль-Залесский). – М.: Изд-во Физико-математической литературы, 2000 – Т. 2. – С. 89.

33. Никитин, Е.А. Диагностирование дизелей / Е.А. Никитин, Л.В. Станиславский, Э.А. Улановский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.

34. Оперативный контроль технического состояния топливной аппаратуры дизельных двигателей: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / А.А. Долгушин. – Новосибирск, 2004. – 121 с.

35. Дролов, Л.В. Исследование способа оценки технического состояния дизельных двигателей по характеристикам переходного процесса в эксплуатационных условиях. дис. ... кандидата технических наук 05.20.03 / А.А. Долгушин. – Новосибирск, 1982. – 147 с.

36. Технические измерения и приборы [Текст]: учеб. пособие / И.Г. Друзьякин, А.Н. Лыков. – Пермь: Изд-во Пермского гос. техн.ун-та, 2008. – 412 с.

37. Дыдыкин, А.М. Повышение технико-экономических показателей быстроходного дизеля путем совершенствования процесса впуска: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / А.М. Дыдыкин. – Н. Новгород, 2010. – 146 с.

38. Повышение надежности дизельных двигателей путем оптимизации регулировочных параметров топливной аппаратуры [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / А.Н. Еремеев. – Ульяновск, 2007. – 152 с.

39. Желтухин, Ю.П. Разработка автоматизированных средств для исследований и испытаний топливной аппаратуры как основы для создания САИ и АСЧТП [Текст] / Ю.П. Желтухин, А.В. Пресняков // Труды ЦНИТА. – 1985. – Вып. 86. – 154 с.

40. Ильин, В.А. Повышение эффективности технического сервиса топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / В.А. Ильин. – Уфа, 2006. – 148 с.

41. Илюхин, А.Н. Применение нечеткой логики в автоматизированной системе испытаний дизельных двигателей с использованием метода Саати [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / А.Н. Илюхин. – Набережные Челны, 2009. – 122 с.

42. Инсафуддинов, С.З. Совершенствование методики оценки неравномерности подачи топливных систем тракторных дизелей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / С.З. Инсафуддинов. – Уфа, 2004. – 152 с.

43. Климпущ, О.Д. Исследование и выбор диагностических параметров автомобильных дизелей семейства ЯМЗ [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / О.Д. Климпущ. – Уфа, 1973. – 168 с.

44. Козеев, А.А. Повышение эффективности диагностирования инжекторов автотракторных и комбайновых дизелей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / А.А. Козеев. – Уфа, 2010. – 128 с.

45. Коньков, А.Ю. Диагностические технического состояния дизеля в эксплуатации на основе идентификации быстропротекающих рабочих процессов [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.04.02 / А.Ю. Коньков. – Хабаровск, 2010. – 414 с.

46. Корнев, В.А. Способ обеспечения оптимальной достоверности диагностирования топливной аппаратуры дизелей переносными приборами [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / В.А. Корнев. – М., 1983. – 183 с.

47. Коровин, А.И. Диагностирование автомобильных дизельных двигателей по амплитудным параметрам колебаний давления отработавших газов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / А.И. Коровин. – Харьков, 1983. – 178 с.

48. Коровин, А.И. Прибор для общего диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей [Текст] / А.И. Коровин // сб. науч. тр. ЧПИ. –1979. – № 233. – 67 с.

49. Коффон, Дж. Расширение микропроцессорных систем [Текст] / Дж. Коффон, В. Лонг. – М.: Машиностроение, 1987. – 318 с.

50. Кривенко, П.М. Дизельная топливная аппаратура [Текст] / П.М. Кривенко. И.М. Федосов. – М.: Колос, 1970. – 536 с.

51. Крутов, В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания [Текст] / В.И. Крутов. – М.: Машиностроение, 1989. – 416 с.

52. Крючков, С.В. Совершенствование методов и средств контроля показателей топливоподачи при испытаниях топливных насосов тракторных двигателей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / С.В. Крючков. – Саранск, 2006. – 179 с.

53. Кудрин, А.И. К вопросу о диагностировании топливной аппаратуры дизелей [Текст] / А.И. Кудрин. – Челябинск: ЧПИ, 1974. – 106 с.
54. Кузнецов, Е.В. Математическая модель рабочего процесса дизеля / Е.В. Кузнецов // Автомобильная промышленность. – 2000. – № 6. – С. 17.
55. Кулешов, А.С. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А.С. Кулешов, Л.В. Греков. – М.: МГТУ, 2000. – 64 с.
56. Левин, М.И. Микропроцессорная система управления углом опережения впрыскивания топлива [Текст] / М.И. Левин, Э.С. Островский Е.Ю. Леснер // Двигателестроение. – 1988. – № 6. – С. 47.
57. Левин, М.И. Современное состояние. Проблемы дизельной автоматики в зарубежной практике и отечественный опыт [Текст] / М.И. Левин // Двигателестроение. – 1999. – № 4. – С. 28–31. – 2000. – № 1. – С. 19.
58. Ложкин, В.Н. Оптимизация регулировочных параметров топливной аппаратуры дизеля КАМАЗ-740 по экологическим показателям применительно к условиям эксплуатации [Текст] / В.Н. Ложкин, А.В. Николаенко, В.М. Занько // сб. науч. тр. ЦНИТА. – Л. 1990. С. 107.
59. Маркелов, А.А. Диагностирование дизеля по результатам расчетно-экспериментального исследования индикаторной диаграммы в условиях рядовой эксплуатации [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / А.А. Маркелов. – Хабаровск, 2007. – 175 с.
60. Марков, В.А. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях [Текст] / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.И. Мальчук. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2007. – 360 с.
61. Матвеевский, В.Р. Надежность технических систем [Текст] / В.Р. Матвеевский. – М.: МГИЭМ. – 2002. – 113 с.
62. Методические указания по метрологической аттестации стендов КИ-921М (КИ-921), КИ-22205 для испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры. – М., ГОСНИТИ, 1983. – 58 с.
63. Щендригин, А.С. Методы и технические средства испытаний двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А.С. Щендригин, Б.С. Науменко // Материалы X региональной науч.-техн. конф. «Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону». – СевКавГТУ, 2006. – 95 С.
64. Неговора А.В. Улучшение эксплуатационных показателей автотракторных дизелей совершенствованием конструкции и технологии диагностирования топливоподающей системы: дис. ... д-ра техн. наук: 05.04.02 / А.В. Неговора. – СПб., 2004. – 343 с.
65. Неговора А.В. Диагностирование топливной аппаратуры автотракторных дизелей. Актуальные проблемы теории и практики современного двигателестроения / А.В. Неговора., Л.В. Грехов, И.И. Габитов // сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. 100-лет Вибс. – Челябинск: ЮУрГУ, 2003. – 85 с.

66. Немков М.В. Корректирование нормативов ресурса двигателей специальных автомобилей в зависимости от режимов эксплуатации [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / М.В. Немков. – Тюмень, 2005. – 136 с.
67. Нигматуллин Ш.Ф. Совершенствование методов и средств диагностирования топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей: дис. ... кандидата технических наук: 05.20.03. – Уфа, 2002. – 157 с.
68. Ольховский, С.Н. Комплексный контроль технического состояния ДВС по параметрам переходных режимов [Текст]: дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук 05.20.03 / С.Н. Ольховский. – Новосибирск, 2005. – 158 с.
69. Панферов, В.И. Обеспечение работоспособности нагнетательных клапанов топливной аппаратуры дизелей при эксплуатации лесных машин [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01/ В.И. Панферов. – М., 2008. – 175 с.
70. Половинкин, В. HART-протокол [Текст]: статья // опубликована в СТА. – № 01. – 2002. – С. 6–14.
71. Пономарев, А.В. Прогнозирование ресурса цилиндропоршневой группы дизелей с учетом контактной гидродинамики: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / А.В. Пономарев. – Самара, 2006. – 125 с.
72. Пупков, К.А. Современные методы, модели и алгоритмы интеллектуальных систем [Текст]: учеб. пособие / К.А. Пупков. — М.: РУДН, 2008. – 154 с.
73. Рачкин В.А. Улучшение технико-эксплуатационных показателей тракторных дизелей применением комбинированной системы топливоподачи [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / В.А. Рачкин. – Пенза, 2005. – 190 с.
74. Савченков, О.Ф. Контроль и экспертиза технического состояния тракторных дизелей в условиях эксплуатации [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / О.Ф. Савченков. – Новосибирск, 1997. – 143 с.
75. Савченко О.Ф. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей [Текст] / О.Ф. Савченко, И.П. Добролюбов, В.В. Альт, С.Н. Ольшевский. – Новосибирск: СО РАСХН, 2006. – 272 с.
76. Сафарбаков, А.М. Основы технической диагностики [Текст]: учеб. пособие / А.М. Сафарбаков, А.В. Лукьянов, С.В. Пахомов. – Иркутск: ИрГУПС, 2006. – 216 с.
77. Сачков, М. Будущее под капотом: выбираем конструкцию двигателей [Текст] / М. Сачков // За рулем. – 2002. № 4. С. 28.
78. Смирнов В.Н. Способы анализа стабильности показателей изделий и погрешности средств их контроля [Текст] / В.Н. Смирнов, А.М. Доценко, Г.Н. Фомичев // Информационный центр научно-технической информации и пропаганды, 1979. – 208 с.
79. Соловьев, Д.Е. Разработка метода диагностирования дизеля в условиях эксплуатации с использованием неустановившихся режимов работы [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / Д.Е. Соловьев. – М., 2004. – 152 с.

80. Стабилизация параметров топливной аппаратуры как фактор экономии эксплуатационных затрат [Текст] / Д.А. Лавреньтьев // Двигателестроение, 1987. – №3. – С. 24.

81. Темукуев, Б.Б. Оптимизация точности измерения регулировочных параметров топливоподачи топливных насосов высокого давления дизелей при выполнении ремонтно-обслуживающих работ [Текст]: дис. ... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: спец. 05.20.03 / Б.Б. Темукуев. – Нальчик: 2002. – С. 27.

82. Третьяков, А.А. Автоматизированная оценка адаптивной системы управления транспортным дизелем и повышение её точности и быстродействия [Текст] / А.А. Третьяков. – Ярославль, 2011. – 157 с.

83. Фомин Ю.Я. Топливная аппаратура дизелей [Текст]: справочник / Ю.Я. Фомин, Г.В. Никонов, В.Г. Ивановский. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.

84. Хадлстон, К. Проектирование интеллектуальных датчиков с помощью Microchip dsPIC / К. Хадлстон. – К.: «МК-Пресс», 2008. – 320 с.

85. Хайртдинов, И.Н. Разработка методов и динамической математической модели для исследования дизелей при неустановившихся нагрузках [Текст]: дис. ... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.04.02 / И.Н. Хайртдинов: – Казань: 2003. – 158 с.

86. Харазов А.М. Диагностирование и эффективность эксплуатации автомобилей [Текст]: учеб. пособие для сред. ПТУ / А.М. Харазов. – М.: Высш. Шк., 1986. – 63 с.;

87. Хасанов Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей [Текст]: учеб. пособие / Р.Х. Хасанов. – Оренбург: ГОУ ОГУ. – 2003. – 193 с.

88. Хоменко, Т.В. Математическая модель и алгоритмы выбора лучших технических решений чувствительных элементов систем управления с учетом взаимозависимости эксплуатационных характеристик [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Т.В. Хоменко. – Астрахань, 2003. – 126 с.

89. Хрулев, А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей [Текст]: производственно-практическое издание / А.Э. Хрулев. – М.: Изд-во «За рулем», 1999. – 440 с.

90. Хрящев, Ю.Е. Дизельный автомобиль как регулируемый объект [Текст] / Ю.Е. Хрящев // Контроль. Диагностика. – 1999. – № 7. – С. 40.

91. Чечет, В.А. Руководство по оценке состояния топливной аппаратуры высокого давления дизелей сельскохозяйственных машин с помощью механотестера КИ-5918 в эксплуатационных условиях [Текст] / В.А. Чечет, Н.Т. Иванов, Е.А. Пучин. – М.: ГОСНИТИ, 1993. – С. 36.

92. Шапран, В.Н. Оценка технического состояния дизелей по критериям топливоподачи [Текст] / В.Н. Шапран. – Рязань: РВАИ, 2006. – 188 с.

93. Шарифуллин, С.Н. Повышение эксплуатационной надежности топливных насосов высокого давления автотракторных дизельных двига-

телей [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / С.Н. Шарифуллин. – М., 2009. – 368 с.

94. A.D. Edgar and S.C. Lee, «FOCUS Microcomputer Number System» Commun. ACM, vol. 22, p. 166, 1979. – 354 s.

95. Adorno T.W. Erziehung zur Miindigkeit- 13.Aufl. –Frankfurt [Main] : Suhrkamp, 1991. – 147 s.

96. Brase K. Philosophie und Erziehung. – Frankfurt am Main : Peter Lang, 1976. – Bern : Herbert Lang. – 1976. –S. 93.

97. C.W. Clenshaw and F.W.J. Olver, «Beyond Floating Point, J. ACM, vol 31, p. 319, April, 1984. – 189 s.

98. Erziehungswissenschaft und Erziehungsforschung//Schaller K. (Hg.). Hamburg, 1968. – S.204Portner D., Schulz G., Driftmann H., Wullich P. Grundlagen der Allgemeinen Wehrpadagogik. – Regensburg, Wallhalla u. Praetoria, 1977. – 442 s.

99. H. Henkel, «Improved Accuracy for the Logarithmic Number System,» IEEE Trans, on Acoust., Speech, and Signal Proc., vol. ASSP-37, p. 301, 1989. – 412 s.

100. Lindgren M. Multiplexed vehicle electronics tutorial / M. Lindgren. – Mecel. – 1995. – 123 pp.

101. Lang J. On the design of a special-purpose digital control processor / J. Lang // IEEE Transactions on automatic of control. – 1987. – №3. – p. 195 – 201.

102. Leland W.E. On the self-semilar nature of Internet traffic (Extended Versuon) / W.E. Leland, M.S. Taggu // IEEE/ACM Transations on Networking. – №2. – 1994. – p 45 – 48.

103. M.L. Frey and F.J. Taylor, «A Table Reduction Technique for Logarithmically Architected Digital Filters,» IEEE Trans, on Acoust., Speech, and Signal Proc., vol. ASSP-33, 1985, p. 718.

104. Ryn B. Point process models for self-semilar Network Traffic, with applications / B. Ryn and S. Lowen // Stochastic Models. – № 14. – 1998. – p. 142 – 196.

105. T. Chen, «Maximal Redundancy Signed Digit Systems» Proceedings of the 7th Symposium on Computer Arithmetic, p. 296-300, 1985. – 450 s.

106. Relex Visual Reliability Software. Reference Manual. Relex Software Corporation, USA, 1999, 470 p.

107. Relex Visual Reliability Software. Tutorial Manual. Relex Software Corporation, USA, 2001, 66 p.

108. Romeu J.L. Statistical Analysis of Reliability Data, Part 3: On Statistical Modeling of Reliability Data. Journal of the RAC, Fourth Quarter, 2001, pp.1-5.

109. Russel S.J., Norvig P. Artificial Intelligence. A Modern Approach. Prentice-Hall International, Inc., 1995, 932 p.

110. Tang D., Hecht M., Rosin A., Handal J. Experience in Using MEADEP. Proceedings of the 1999 Annual Reliability and Maintainability Symposium, Washington DC, January 18-21, 1999.

111. Qiong L. On the long-range dependence of packet round-trip delays in Internet / L. Qiong, David L., Mills. // Processings of IEEE ICC 98. – №2. – 1998. – 232 pp.

112. Ronald K. Jurgen Automotive electronics handbook / K. Jurgen Ronald. – In: McGraw-Hill. – 1999. – 364 pp.

113. Ryn B. Point process models for self-similar Network Traffic, with applications / B. Ryn and S. Lowen // Stochastic Models. – № 14. – 1998. – p. 142 – 146.

114. The component object model specification. – Draft version 0.9 Microsoft. – 1995.

115. Тарасов А.И. Эффективность применения систем диагностирования и саморегулирования при эксплуатации автомобилей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 1. – С. 51–56.

116. Тарасов А.И. Сигнализатор уровня энергосбережения на автотранспортном предприятии [Текст] / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.С. Иванов, А.И. Тарасов // Автотранспортное предприятие. – 2011. – № 7. – С. 28–32.

117. Тарасов, А.И. Анализ неисправностей топливных систем дизельных автомобилей. / С.А. Кривобок, В.В. Лянденбургский, А.А. Тарасов, А.В. Федосков // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 3. – С. 3–11.

118. Тарасов, А.И. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, С.А. Кривобок // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 4. – С. 3–9.

119. Тарасов, А.И. Программа поиска неисправностей дизельных двигателей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, С.А. Кривобок // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 8. – С. 28–33.

120. Тарасов, А.И. Совершенствование датчиков давления топлива дизельных двигателей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, Д.А. Колмеец // М.: Науковедение. Интернет-журнал. – 2013. – № 1. – С. 28–39.

121. Тарасов, А.И. Вероятностный подход к определению вероятностно-логического коэффициента поиска неисправностей автомобилей [Текст] / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.И. Тарасов, И.Е. Долганов // Вестник Таджикского технического университета. – 2013. – № 1. – С. 26–33.

122. Тарасов, А.И. Логический подход к определению вероятностно-логического коэффициента поиска неисправностей автомобилей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, Р.Р. Сейфетдинов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 5.

123. Тарасов, А.И. Комбинированная система технического обслуживания и ремонта автомобилей. Перспективные направления развития автотранспортного комплекса [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов // Материалы I международной научно-производственной конференции. – Пенза: ПГСХА, 2008. – С. 83–85.

124. Тарасов, А.И. Модифицированный технико-экономический метод технического обслуживания автомобилей. Перспективные направления развития автотранспортного комплекса [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, И.Е. Ильина // Материалы II международной научно-производственной конференции. – Пенза: ПГСХА, 2009. – С. 147–150.

125. Тарасов, А.И. Вероятностный подход к построению модели технического состояния автомобилей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.П. Бажанов, А.И. Тарасов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. – Пенза: ПГУАС, 2010. – С. 55–61.

126. Тарасов, А.И. Статистическая модель выбора оптимальных интервалов технического обслуживания автомобилей [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.П. Бажанов, А.И. Тарасов // Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. Магадан: СВГУ, 2010. – С. 193–196.

127. Тарасов, А.И. Экспериментальные исследования отказов автомобилей КАМАЗ. Перспективные направления развития автотранспортного комплекса [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, С.А. Кривобок // Материалы IV международной научно-производственной конференции. – Пенза: ПГСХА, 2011. – С. 135–137.

128. Тарасов, А.И. Анализ отказов топливных систем дизельных автомобилей эксплуатируемых в условиях России. Перспективные направления развития автотранспортного комплекса [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, К.А. Абрамов // Материалы IV международной научно-производственной конференции. – Пенза: ПГСХА, 2011. – С. 132–135.

129. Тарасов, А.И. Характеристика отказов топливных систем дизельных автомобилей. Перспективные направления развития автотранспортного комплекса [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, А.Н. Потапов // Материалы IV международной научно-производственной конференции. – Пенза: ПГСХА, 2011. – С. 137–140.

130. Тарасов, А.И. Методика экспериментальных исследований отказов дизельных автомобилей. Перспективные направления развития автотранспортного комплекса [Текст] // Материалы IV международной научно-производственной конференции. – Пенза: ПГСХА, 2011. – С. 191–193.

131. Тарасов, А.И. Анализ отказов топливных систем дизельных автомобилей. Проблемы развития строительной отрасли. Теория и практика [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, С.А. Кривобок, К.А. Абрамов // Материалы конференции. – Пенза: ПГУАС, 2011. – С. 261–263.

132. Тарасов, А.И. Выбор интервалов оптимальных периодичностей технического обслуживания автомобилей. Проблемы развития строительной отрасли. Теория и практика [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.П. Бажанов, А.И. Тарасов, А.В. Федосков // Материалы конференции. – Пенза: ПГУАС, 2011. – С. 257–261.

133. Тарасов, А.И. Графоаналитическая модель формирования технического обслуживания автомобилей. Перспективные направления развития автотранспортного комплекса [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.П. Бажанов, А.И. Тарасов, А.В. Федосков // Материалы конференции. – Пенза: ПГУАС, 2011. – С. 263–268.

134. Тарасов А.И. Неисправности и их влияние на состояние дизельного двигателя [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, Е.В. Кравченко, А.А. Бердников // Материалы V международной научно-производственной конференции. – Пенза: ПГСХА, 2012. – С. 56–60.

135. Тарасов А.И. Встроенная система диагностирования автомобиля [Текст] / В.В. Лянденбургский, С.А. Кривобок, А.И. Тарасов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. – Пенза: ПГУАС, 2012. – С. 39–44.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Характеристика отказов КАМАЗ, полученных в Пензе и Рязани

№ п/п		Пробеги , на которых произошли отказы, тыс.км	
		г. Рязань	г. Пенза
		КАМАЗ	КАМАЗ
1	Топливный насос высокого давления		
1.1	Плунжерная пара	83,01; 153,12; 203,15; 354,33; 123,67; 266,78; 377,16; 139,26; 268, 89; 388,87;	86,32; 156,73; 206,78; 347,79; 126,93; 269; 380; 142,36; 272,45
1.2	Пружина толкателя	81,54; 150,67; 205,69; 260,28	37,16; 83,39; 152,62; 207,07
1.3	Пружина нагнетательного клапана	66,29; 152,11; 204; 288	38,19; 88,78; 153,98; 206,27
1.4	Нагнетательный клапан	85,03; 151,06; 206,23; 255,67; 124,77; 257,96; 378,85; 162,56; 271,74; 379,98	87,7; 153,38; 207,86; 256,745; 126,68; 259,854; 163,75; 273,59; 383,33
2	Трубопровод высокого давления		
2.1	Крепление трубопроводов	205,25; 377,16; 388,63; 309,6; 271,687; 207,8; 379,3; 390,67; 311,32; 315,89; 201,5; 369,7; 389,56; 301,457; 316,233; 204,867; 371,47; 387,87; 308,98; 272,23; 202,76; 373,98; 381,6	207,67; 379,87; 389,98; 319,65; 275,87; 212,54; 383,87; 394,23; 314,03; 325,76; 210,32; 373,353; 393,89; 304,05; 318,64; 208,65; 374,87; 389,23; 310,87; 274,17; 206,28; 374,56
2.2	Трубки высокого давления	205,07; 377,09; 388,56; 309,23; 209,87; 199,355; 189,89; 303,23; 275,17; 390,83; 209,95; 187,57; 381,9; 315,456; 380,45; 199,78; 185,23; 300,87; 275,8	208,54; 378,7; 380,67; 319,98; 209,56; 214,89; 194,27; 308,8; 281,3; 395,15; 214,56; 192,76; 386,94; 321,38; 385,57; 204,24; 190,86; 305,34;
3	Форсунки		
3.1	Пружина	83,45; 153,67; 203,68; 301,67; 125,34; 254,67; 123,786; 256,245; 377,567; 125,28; 270,7; 79,8; 81,34; 150,28; 205,19; 260,17;	88,27; 158,85; 208,48; 259,96; 128,64; 261,934; 382,79; 130,16; 275,27; 84,56; 85,78; 155,24; 36,35; 156,7; 210,6.
3.2	Игла	81,56; 157,18; 205,26; 301,48; 125,77; 257,84; 378,348; 388,69; 303,9	86,56; 162,34; 210,78; 306,27; 125,86; 262,98; 383,75; 131,29; 276,85; 85,87; 88,90; 158,75; 132,97; 394,53; 382,72; 393,98
3.3	Крепление форсунки	79,85; 150,87; 203,94; 256,238; 125,67; 258,86; 378,96; 380,87; 383,36; 385,85; 388,27; 391,78; 82,87; 393,656; 85,38; 87,086	75,6; 156,65; 208,78; 261,37; 130,89; 263,95; 383,76; 386,18; 388,03; 390,02; 393,07; 396,87; 87,78; 398,54; 90,76
4	Прочее	63,2; 153,76; 203,39; 254,18; 123,70; 256,64; 377,72; 125,778; 270,65; 79,87; 85,5; 87,3; 205,8; 377,3; 388,3; 309,5; 271,8; 207,64; 371,96; 379,58; 311,59; 315,27; 272,75; 316,23	88,67; 158,98; 208,76; 259,7; 128,5; 261,8; 382,8; 130,523; 275,67; 84,87; 89,91; 92,97; 210,57; 382,78; 392,79; 314,13; 277,27; 211,69; 376,69; 384,67; 316,87; 321,87; 278,8

Приложение 2

Характеристика отказов КАМАЗ с встроенной системой
диагностирования, полученных в г. Пензе и г. Рязани

№ п/п		Пробеги, на которых произошли отказы, тыс.км	
		г. Пенза	г. Рязань
		КАМАЗ	КАМАЗ
1	Топливный насос высокого давления		
1.1	Плунжерная пара	103,75; 195,84; 263,9; 324,8; 151,29; 324,52; 367,48; 175,14; 345,72; 385;	101,6; 181,21; 252,56; 350,12; 142;322,1; 370,56; 178,35; 340,48
1.2	Пружина толкателя	101,7; 180; 256,23; 311	98,2; 180,9; 248,3
1.3	Пружина нагнетательного клапана	103,6; 210,87; 251; 340,5	108; 192,6; 260
1.4	Нагнетательный клапан	105,2; 196,3; 256; 312,4; 155,5; 311,7; 366,4; 202,8; 340,97; 470	120; 188,19; 254,7; 331,2; 157,5; 326,34; 210,3; 327; 363,3
2	Трубопровод высокого давления		
2.1	Крепление трубопроводов	266,5; 375,02; 383,12; 309; 271; 266,3; 376,31; 387,5; 401; 409,3; 253,1; 360,8; 375,9; 301; 308,9; 261,1; 420,3; 476,5; 301,3; 329,12; 259,6; 370; 378,6	266,5; 369,9; 389,8; 311,5; 341; 278,9; 380,3; 490,21; 395,69; 322,5; 210; 373; 393; 304; 318; 258,3; 363,76; 394,03; 390,6; 347,98; 256,6; 378,72
2.2	Трубки высокого давления	266,5; 371,25; 381,26; 309;209; 241,3; 238,14; 395,72; 350,3; 509,9; 36,5; 257,6; 396,9; 326,3; 398,5; 247,6; 220,6; 300; 350,3	260,23; 371,25; 398,5; 324,26; 271,26; 279,98; 239,56; 311,62; 350,6; 397,7;278,5; 249,6; 396,25; 304,46; 392,8; 256,3; 241,3; 412,65;
3	Форсунки		
3.1	Пружина	103,65; 203,25; 261,09; 304,04; 150,25; 303,12; 157,44; 325,12; 471,25; 150,25; 320,85; 101,75; 102,85; 200,25; 266,5; 332,8;	109,89; 203,82; 262,08; 332,8; 166,4; 326,8; 395,6; 167,7; 346,5; 103,6; 106,23; 200,69; 110,23; 208,56; 265,25,
3.2	Игла	101,25; 254,24; 269,3; 396,12; 150,25; 323,82; 389,56; 397,7; 303	106,23; 208,98; 266,5; 398,68; 150,25; 335,36; 481,25; 169,35; 345; 102,25; 110,89; 208,28; 165; 312,2; 394,6; 399,89
3.3	Крепление форсунки	101,25; 200; 230,89; 327,69; 150,25; 325,08; 371,25; 473,36; 476,1; 375,2; 382,3; 389,9; 101,25; 390,6; 102,75; 103,25	102,75; 156; 208; 261; 130; 263; 380,3; 481,2; 389,1; 496,3; 381,8; 310,84; 103,25; 512,65; 120,9
4.	Прочее	102,75; 192,78; 251,25; 253,2; 168,7; 322,56; 371,25; 158,75; 340,2; 101,91; 102,82; 105,3; 262,4; 371,25; 383,26; 383,16; 341,26; 258,75; 463,75; 473,25; 398,08; 301,25	106,3; 199,08; 262,08; 326,34; 165,12; 330,5; 492,78; 161,2; 375,2; 104,3; 110,3; 120,6; 263,3; 392,78; 309,6; 395,64; 349,02; 270,08; 386,68; 498,5; 398,16; 310,88; 350,08

Приложение 3

Показатели надежности элементов топливной системы КАМАЗ Пенза

№ п/п	Наименование отказов	Средняя наработка на отказ L , тыс. км	Среднеквадратичное отклонение σ тыс. км	Коэффициент вариации ν
1	Топливный насос высокого давления			
1.1	Плунжерная пара	209,7	93	0,44
1.2	Пружина толкателя	210,3	55	0,26
1.3	Пружина нагнетательного клапана	152	59,6	0,38
1.4	Нагнетательный клапан	210,7	93,1	0,44
2	Трубопровод высокого давления			
2.1	Крепление трубопроводов	316,1	59	0,18
2.2	Трубки высокого давления	282,2	111	0,39
3	Форсунки			
3.1	Пружина	179,3	85,3	0,47
3.2	Игла	223,3	116	0,52
3.3	Крепление форсунки	267,6	137	0,51
4.	Прочее	244	97	0,39

Приложение 4

Показатели надежности элементов топливной системы КАМАЗ
с встроенной системой диагностирования Пенза.

№ п/п	Наименование отказов	Средняя наработка на отказ, L , тыс. км	Среднеквад- ратичное отклонение σ тыс. км	Коэффициент вариации, ν
1	Топливный насос высокого давления			
1.1	Плунжерная пара	293,2	136,89	0,46
1.2	Пружина толкателя	212	91,4	0,43
1.3	Пружина нагнетательного клапана	232	86,2	0,37
1.4	Нагнетательный клапан	281,3	123,03	0,43
2	Трубопровод высокого давления			
2.1	Крепление трубопроводов	389,36	88,5	0,22
2.2	Трубки высокого давления	334,1	129,6	0,38
3	Форсунки			
3.1	Пружина	219,58	83,4	0,41
3.2	Игла	257,81	116,3	0,49
3.3	Крепление форсунки	342,9	98,4	0,29
4.	Прочее	291,84	89,6	0,28

Приложение 5

Показатели надежности элементов топливной системы КАМАЗ, Рязань

№ п/п	Наименование отказов	Средняя наработка на отказ L , тыс.км	Среднеквадратичное отклонение σ тыс.км	Коэффициент вариации ν
1	Топливный насос высокого давления			
1.1	Плунжерная пара	192,3	110	0,57
1.2	Пружина толкателя	175	59	0,33
1.3	Пружина нагнетательного клапана	182,2	90	0,49
1.4	Нагнетательный клапан	175,1	98	0,56
2	Трубопровод высокого давления			
2.1	Крепление трубопроводов	314	56,7	0,18
2.2	Трубки высокого давления	277	78,5	0,28
3	Форсунки			
3.1	Пружина	181,1	87,1	0,48
3.2	Игла	223,5	109	0,49
3.3	Крепление форсунки	251,4	133	0,53
4.	Прочее	268,7	109	0,4

Приложение 6

Показатели надежности элементов топливной системы КАМАЗ
с встроенной системой диагностирования Рязань

№ п/п	Наименование отказов	Средняя наработка на отказ L , тыс.км	Средне-квадратичное отклонение σ тыс.км	Коэффициент вариации ν
1	Топливный насос высокого давления			
1.1	Плунжерная пара	262,25	79	0,38
1.2	Пружина толкателя	203,58	65	0,37
1.3	Пружина нагнетательного клапана	231,4	57	0,31
1.4	Нагнетательный клапан	230,12	103	0,5
2	Трубопровод высокого давления			
2.1	Крепление трубопроводов	262,63	70	0,22
2.2	Трубки высокого давления	321,31	59	0,23
3	Форсунки:			
3.1	Пружина	222,63	91	0,52
3.2	Игла	263,52	95	0,45
3.3	Крепление форсунки	360,17	117	0,41
4.	Прочее	300,1	95	0,4

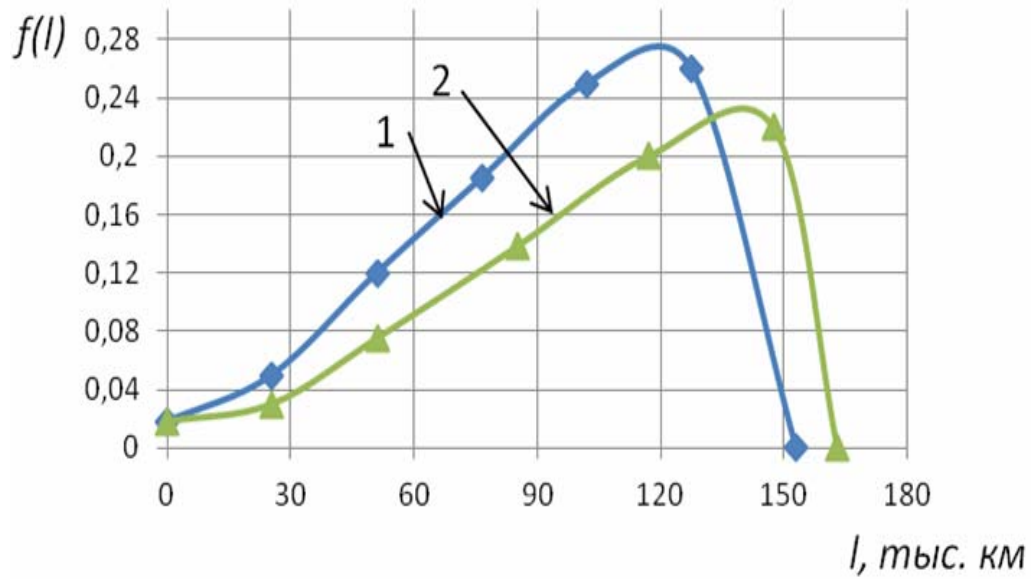


Рис. 1П. Распределение величины наработки на отказ нагнетательного клапана ТНВД в зависимости от выбора системы диагностирования:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

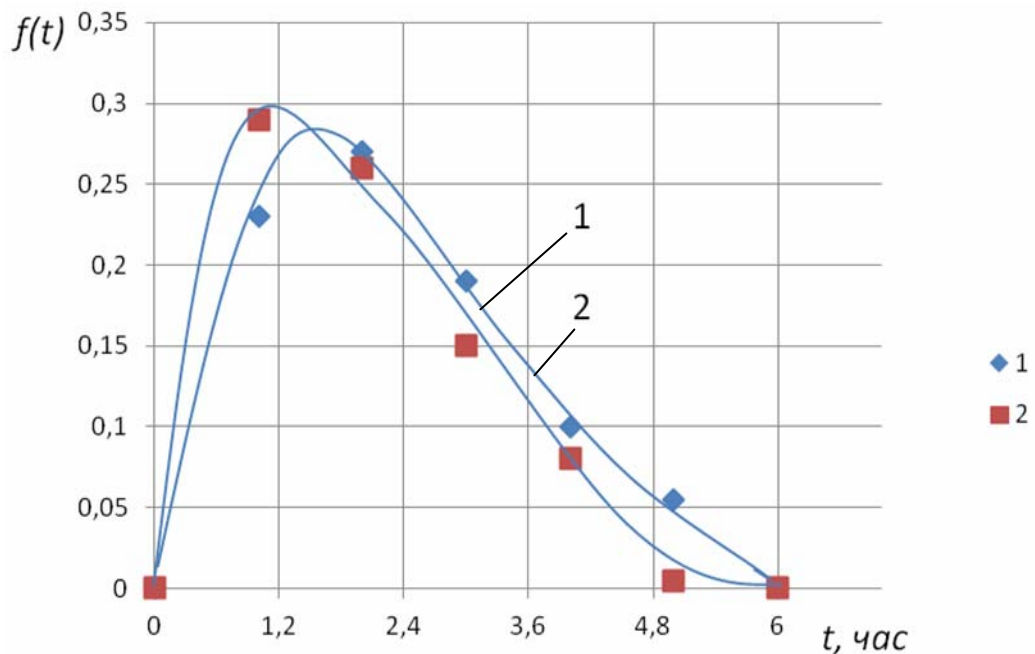


Рис. 2П. Распределение времени простоя по нагнетательному клапану ТНВД до отказа элемента на один автомобиль:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

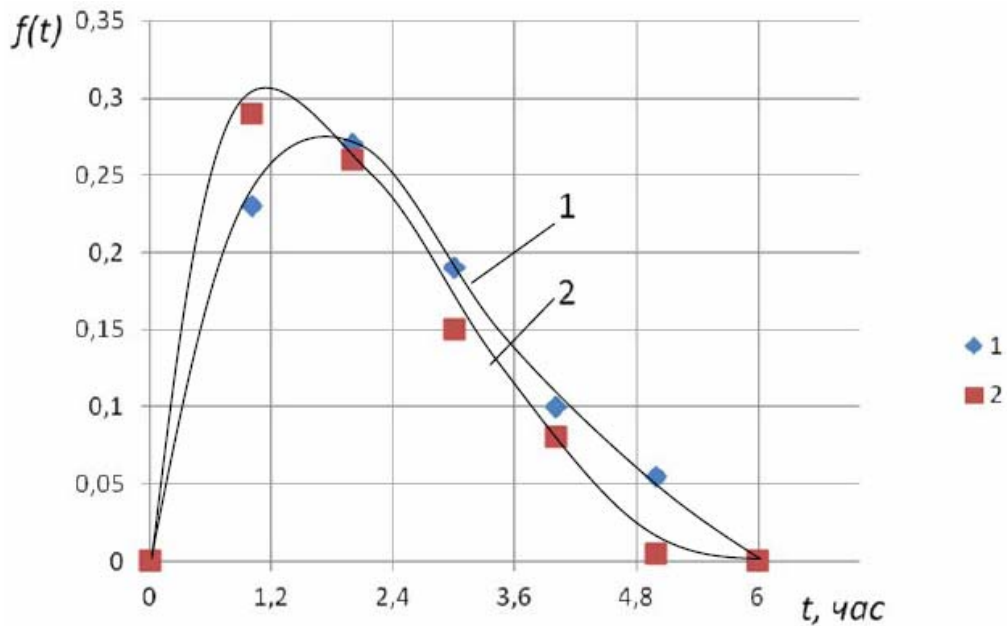


Рис. 3П. Распределение времени простоя по нагнетательному клапану ТНВД до отказа элемента на весь парк испытуемых:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

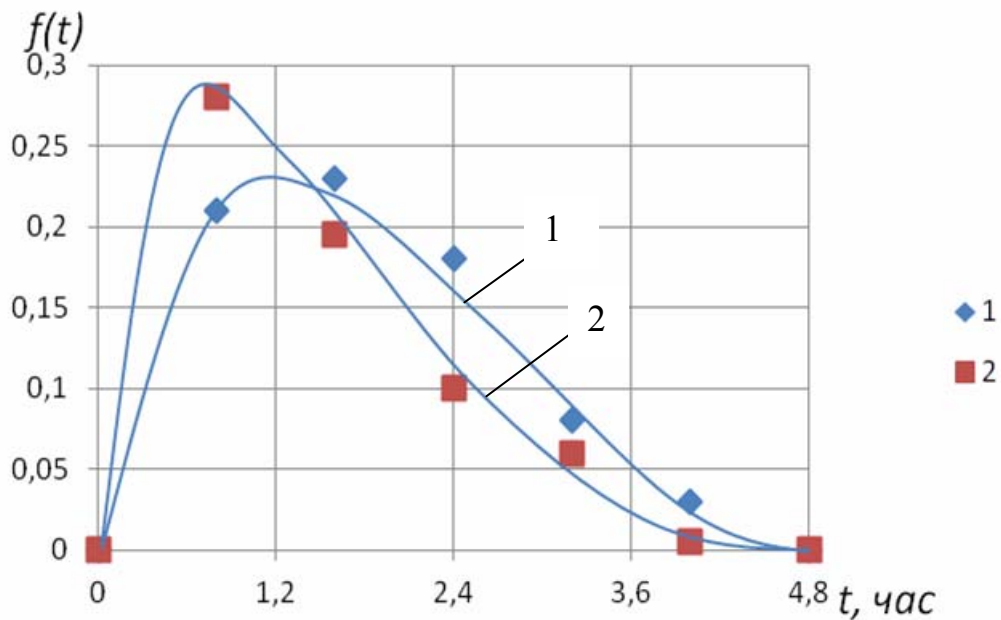


Рис. 4П. Распределение времени простоя по нагнетательному клапану ТНВД до отказа элемента на один день эксплуатации по парку испытуемых автомобилей:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

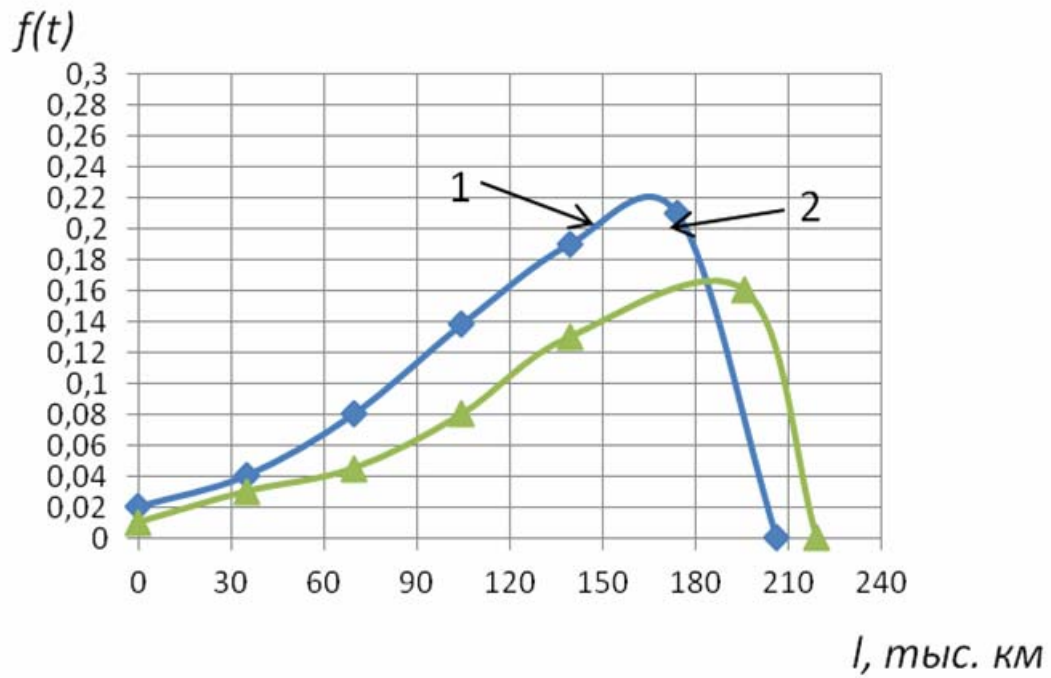


Рис. 5П. Распределение величины наработки на отказ иглы форсунки в зависимости от выбора системы диагностирования:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

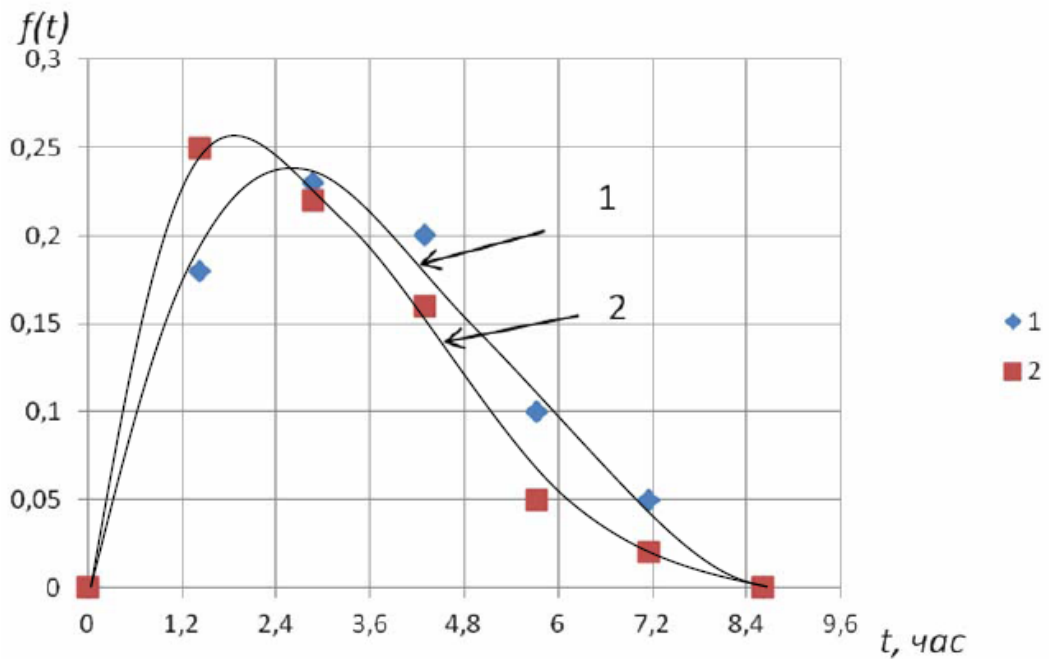


Рис. 6П. Распределение времени простоя по игле форсунки до отказа элемента на один автомобиль:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

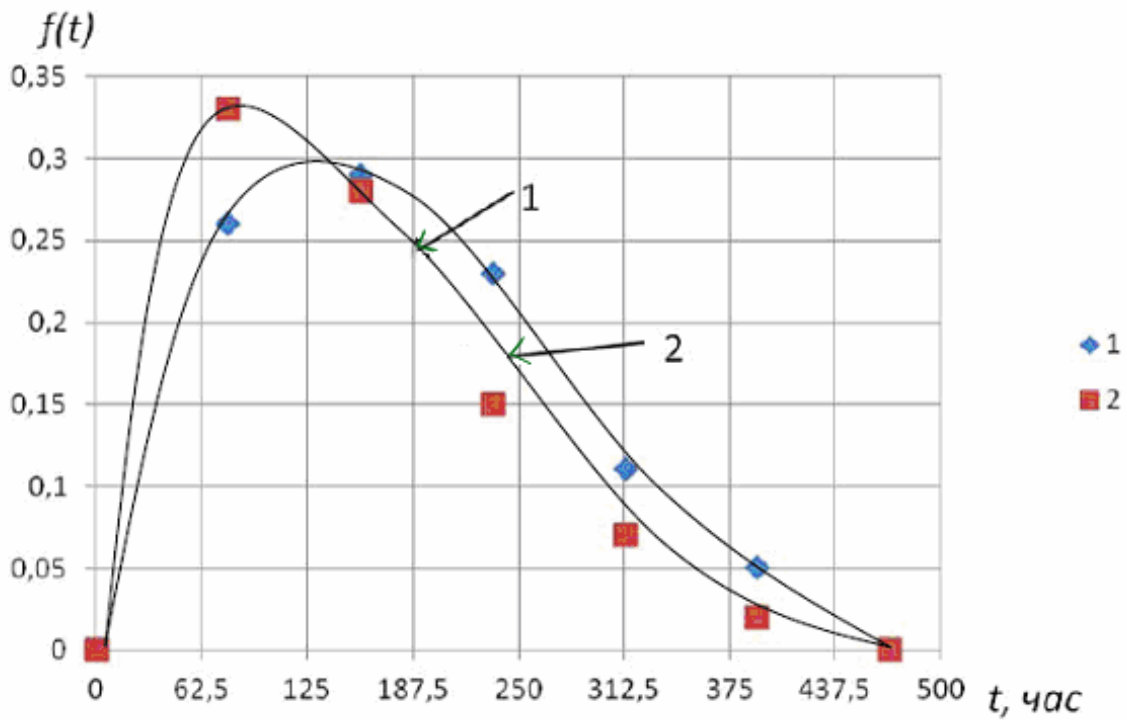


Рис. 7П. Распределение времени простоя по игле форсунки до отказа элемента на весь парк испытываемых автомобилей:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

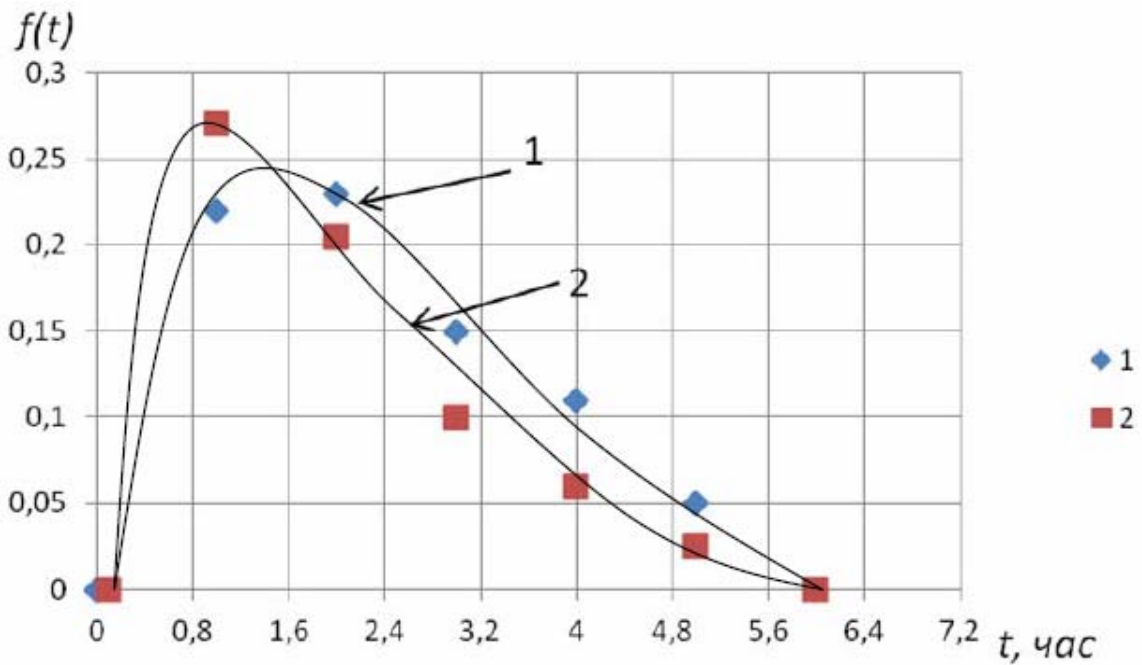


Рис. 8П. Распределение времени простоя по игле форсунки до отказа элемента на один день эксплуатации по парку испытываемых автомобилей:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

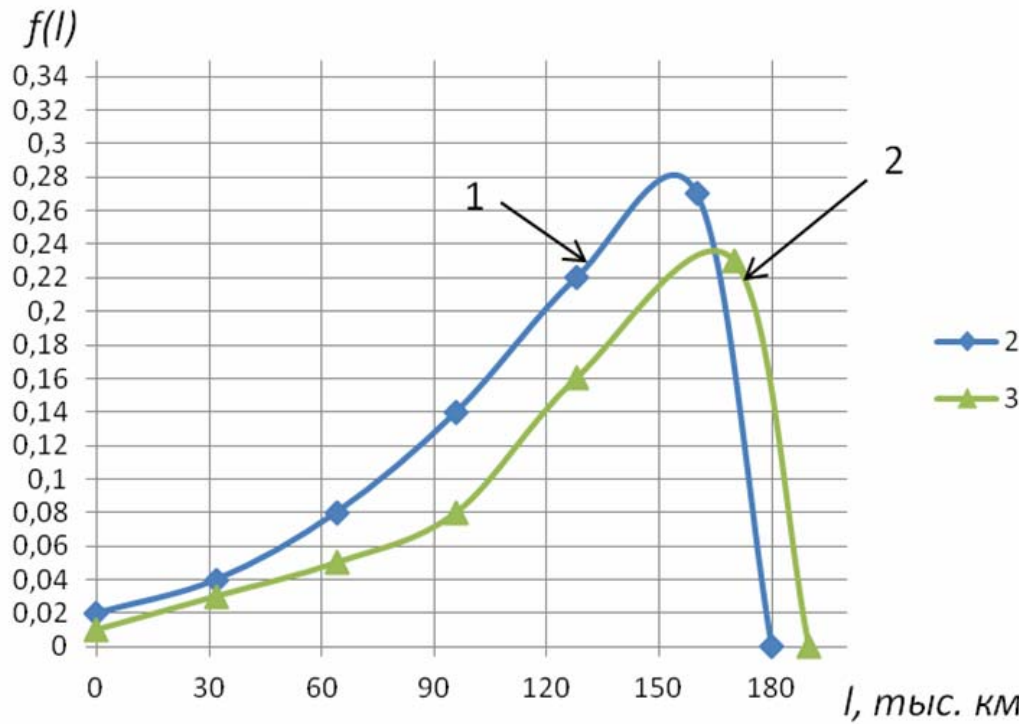


Рис. 9П. Распределение величины наработки на отказ пружины форсунки в зависимости от выбора системы диагностирования:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

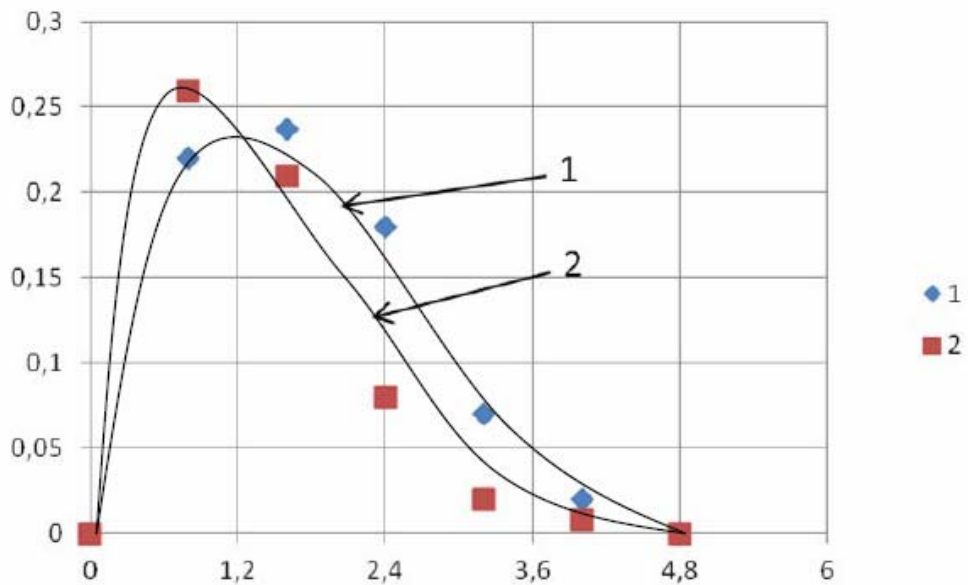


Рис. 10П. Распределение времени простоя по пружине форсунки до отказа элемента на один автомобиль:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

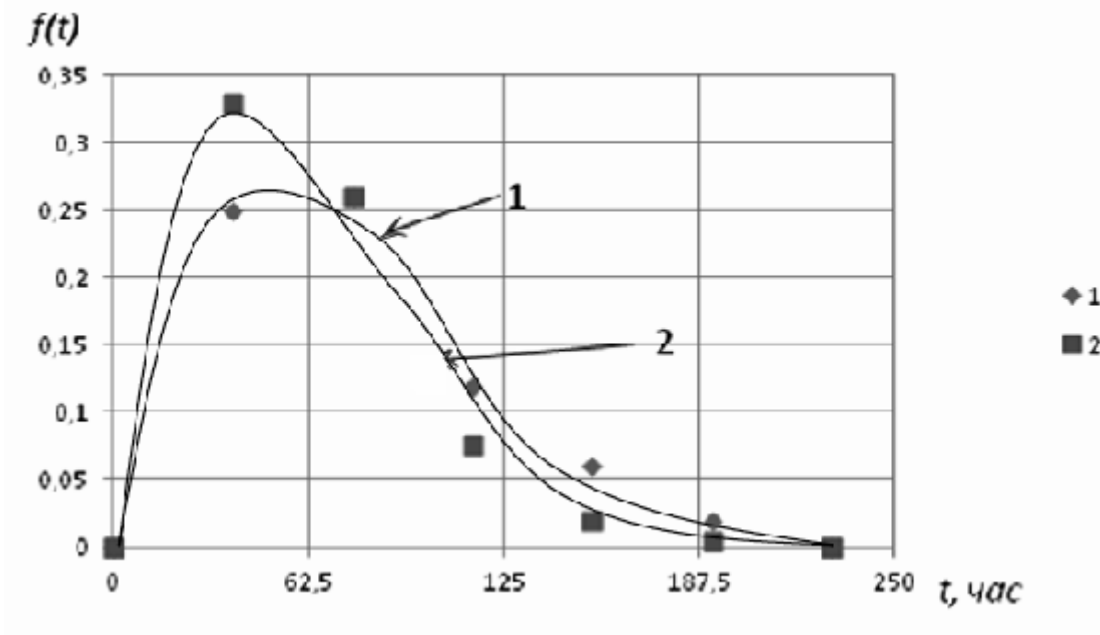


Рис. 11П. Распределение времени простоя по пружине форсунки до отказа элемента на весь парк испытываемых автомобилей:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

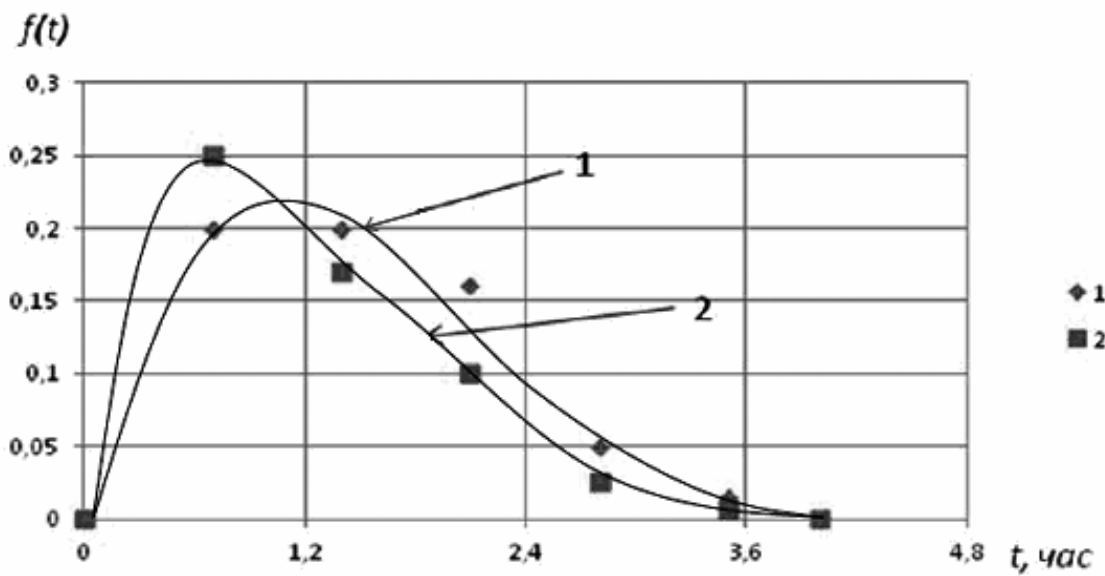


Рис. 12П. Распределение времени простоя по пружине форсунки до отказа элемента на один день эксплуатации по парку испытываемых автомобилей:
 1 – для планово-предупредительной стратегии;
 2 – для вероятностно-логической стратегии

Листинг программы встроенного диагностирования

```

#include <mega32.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

unsigned char met,i;
unsigned char stroka=0;
unsigned int ADC_Bufer;
unsigned char DataBuffer[200]; // буфер на 200 точек на инд выв только 100
центр
unsigned char DataBuffer_rot[200]; // буфер на 200 точек для измерения
оборотов
unsigned char x_sinhr; // абсциса синхронизации
signed int rot; // обороты двигателя [об/мин]
eeprom unsigned char DataSave[8][100];
const unsigned char XX[100]={ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2,
    4, 6, 8,11,13,15,17,23,27,28,
    35,39,40,45,46,52,52,49,47,46,
    43,41,41,38,35,35,35,35,37,37,
    34,31,27,24,21,17,14,11, 7, 4,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, //50..59
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 7,19,
    16,11, 8, 6, 7, 8, 9,23,43,37,
    26,12,15,25,23,17, 9,11,16,14,
    9, 5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
const unsigned char NG[100]={ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0,23,52,27, 6,48,36,13,16,
    20,13, 7,17,15,26, 8, 3, 5, 8,
    6, 4, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, //50..59
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
eeprom unsigned char DataSave[8][100];
// нач свед о двигателе
unsigned char zona=1,narabotka;

```

```
unsigned char today[3]={0,0,11}; // day=0,month=0,year=11,
```

```
#include "text.h"
```

```
// кнопки
```

```
#define BUT_INFO 1
```

```
#define BUT_MENU 2
```

```
#define BUT_LEFT 3
```

```
#define BUT_RIGHT 4
```

```
#define BUT_ENTER 5
```

```
#define BUT_DOWN 6
```

```
#define BUT_UP 9
```

```
#define BUT_ESC 8
```

```
#define BUT_MEMORY 7
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0xE0
```

```
// АЦП
```

```
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
```

```
{
```

```
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
```

```
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
```

```
delay_us(10);
```

```
// Start the AD conversion
```

```
ADCSRA|=0x40;
```

```
// Wait for the AD conversion to complete
```

```
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
```

```
ADCSRA|=0x10;
```

```
return ADCH;
```

```
}
```

```
//таймер выборки
```

```
interrupt [TIM2_OVF] void timer2_ovf_isr(void)
```

```
{
```

```
TCNT2=60;
```

```
//PORTC.5=1;
```

```
ADC_Bufer+=read_adc(0);
```

```
//PORTC.5=0;
```

```
TCNT0++;
```

```
}
```

```
#include "driver_mt12864.h"
```

```
unsigned char keypad(void){
```

```
byte data=0;
```

```

PORTA=0b11100000;
DDRA= 0b00100000;
if(PINA.2){data=3;}
if(PINA.3){data=4;}
if(PINA.4){data=7;}
DDRA= 0b01000000;
if(PINA.2){data=1;}
if(PINA.3){data=5;}
if(PINA.4){data=8;}
DDRA= 0b10000000;
if(PINA.2){data=2;}
if(PINA.3){data=6;}
if(PINA.4){data=9;}
return data;
}
void SaveMenu(byte dx){
stroka=0;
delay_ms(900);
LCD_CLS();
while(keypad()!=BUT_ENTER){
if(keypad()==BUT_DOWN){stroka++;LCD_CLS();}
if(keypad()==BUT_UP){stroka--;LCD_CLS();}
if(stroka==255){stroka=0;}
if(stroka==8){stroka=7;}
for(i=0;i<8;i++){
if(i==stroka){met=MET_NOT_OR;}else{met=MET_OR;}
LCD_PUTSF(50,i*8,NameSave[i+2]); // N1..N8
}
if(keypad()==BUT_ESC){return;}
delay_ms(200);
}
for(i=0;i<100;i++){DataSave[stroka][i]=DataBuffer[i+dx-10];} // сохранение
данных в память EEPROM
LCD_CLS();
LCD_PUTSF(10,24,"График Сохранен...");delay_ms(1000);
}
void WritingData(byte k){ // запись 200 точек
byte n=0;
TCCR2=0x02; // с шагом 200мкс
TIMSK=0x40;
TCNT2=60;

```

```

while(n<200){
if(keypad()==BUT_ESC){break;}
ADC_Bufer=0;
TCNT0=0; // счет количества точек округления

while (TCNT0<k){} // АЦП k-точек

DataBuffer[n]=ADC_Bufer/k; // округления k-точек
n++;
}
TIMSK=0;
}
void AutoAmplBufer(void){
byte Amax=0,data;
float k;
for(i=0;i<200;i++){
data=DataBuffer[i];
if(Amax<data){Amax=data;}
}
k=Amax/55;
if(k<1.0){k=1.0;}
for(i=0;i<200;i++){DataBuffer[i]=DataBuffer[i]/k;}
}
unsigned char BuferAnaliz(void){
byte x_up[5]= {0,0,0,0,0};
byte x_down[5]={0,0,0,0,0};
unsigned int S[5]={0,0,0,0,0};
unsigned int Smax; // площадь большого всплеска (не менее)
byte x=10;
byte N=0; // кол-во всплесков
next_find:
while(DataBuffer[x]>0){ // поиск конца неполного всплеска
x=x+1;
if(x>=100){goto not_find;}
}

for(i=0;i<6;i++){ // убедится в окончании неполного всплеска
if(DataBuffer[x+i]>0){x+=i;
if(x>=100){goto not_find;}
goto next_find;
}
}

```

```

}
}
wait_st_vsp:
while(DataBuffer[x]==0){x++; // дождаться начала всплеска
if(x>=200){goto not_find;}
}

for(i=0;i<6;i++){ // убедится в начале всплеска
if(DataBuffer[x+i]==0){x+=i;goto wait_st_vsp;}
}
// счет количества полных всплесков
x_up[N]=x; // запись абсцисы начала всплеска

wait_end_vsp:
while(DataBuffer[x]>0){x++; // дождаться конца всплеска
if(x>=200){goto not_find;}
}
for(i=0;i<6;i++){ // убедится в конце всплеска
if(DataBuffer[x+i]>0){x+=i;
if(x>=200){goto not_find;}
goto wait_end_vsp;
}
}
x_down[N]=x; // запись абсцисы конца всплеска
N++;
if(N>4){goto not_find;} // максимальное количество анализируемых
всплесков
goto wait_st_vsp;
not_find:
for (N=0;N<5;N++){
for(i=x_up[N];i<x_down[N];i++){
S[N]+=DataBuffer[i]; // вычисление площади всплеска
}
}
Smax=0;
for (N=0;N<5;N++){ // поиск максимального всплеска
if(Smax<S[N]){Smax=S[N];}
}
Smax=Smax*0.7; // минимальная площадь большого всплеска
for (N=0,i=0;N<5;N++){

```

```

if(S[N]>=Smax){ // запись абсцис больших всплесков по порядку
x_up[i]=x_up[N];
x_down[i]=x_down[N];
i++; // счет больших всплесков
}
else{ // стирание абсцис маленьких всплесков
x_up[N]=0;
x_down[N]=0;

}
}
// определения количества точек между этими всплесками
// пересчет в обороты двигателя (1 всплеск на 2 оборота)
x_sinhr=0;
x_sinhr=x_up[0]; // если равно 0 то нет синхр.
}
void Setka(void){
LCD_LINE(9,63,110,63); // ось x
LCD_LINE(9,63,9,8); // ось y
LCD_PUTC(113,56,'t');
LCD_PUTC(1,0,'P');
}
void DataToGrafik(byte st_x,byte from){
byte x,y,data_old,y_old=0,data;
if(st_x==0){return;}
st_x-=10; // ВЫВОДИТЬ на экран за 10 точек до начала точки синхронизации
for (x=0;x<99;x++){
switch(from){
case 255: data=DataBuffer[x+st_x+1];data_old=DataBuffer[x+st_x]; break;//
выводим со смещением dx из буфера
case 0: data=XX[x+1];data_old=XX[x];break; // выводим идеальный график
XX
case 1: data=NG[x+1];data_old=NG[x];break;
default: data=DataSave[from-2][x+1];data_old=DataSave[from-2][x]; //
выводим из EEprom
}
if (data>55){data=55;}
if (data_old>55){data_old=55;}
y=63-data;

```

```

y_old=63-data_old;
LCD_LINE(x+9,y_old,x+10,y);
//LCD_PUT_PIXEL(x+10,y);
}
}
void Nalogenie(byte st_x){
signed char dx=11;
byte Num=0;
LCD_CLS();
delay_ms(500);
do{
LCD_CLS();
Setka();
LCD_PUTSF(18,0,"Наложен график:");
DataToGrafik(st_x+dx,255);
LCD_PUTSF(106,0,NameSave[Num]);
delay_ms(150);
DataToGrafik(255,Num); // выводится тусклее
if(keypad()==BUT_RIGHT){dx--;} //сдвинуть график влево
if(keypad()==BUT_LEFT){dx++;} //сдвинуть график вправо
if(keypad()==BUT_UP){Num++;} //сдвинуть график влево
if(keypad()==BUT_DOWN){Num--;} //сдвинуть график вправо
if(Num>9){Num=9;}
if(Num==255){Num=0;}
delay_ms(150);
}while(keypad()!=BUT_ESC);
}
unsigned int Rotation(){ // измерение оборотов двигателя
byte i=0,x=0,x0=0,y_max=0,y;
byte x_max[2]={0,0};
byte y_max[2]={0,0};
WritingData(16);
while(DataBuffer[x]>0){ // поиск конца неполного всплеска
x++;
if(x>=200){return 0;}
}
while(DataBuffer[x]==0){x++; // дождаться начала всплеска
if(x>=200){return 0;}
}
x0=x; // точка начала поиска
while(x<200){

```

```

y=DataBuffer[x];
if(y>ymax){ymax=y;} // поиск максимального значения
x++;
}
if(y_max<16){rot=0;return rot;}
ymax=ymax*0.7;
x=x0;
while((x<200)&&(i<2)){ // поиск пиков
y=DataBuffer[x];
if (y>ymax){
if(y>y_max[i]){y_max[i]=y;x_max[i]=x;} // поиск максимумов
}
if((y==0)&&(y_max[i]>y_max)){i++;}
x++;
}
rot=x_max[1]-x_max[0];

//LCD_PUTDS(80,8, x_max[0],3);// временно
//LCD_PUTDS(80,16, x_max[1],3);// временно
//LCD_PUTDS(100,8, y_max[0],3);// временно
//LCD_PUTDS(100,16,y_max[1],3);// временно
rot=37500/rot;
if ((rot<300)||rot>6100){rot=0;}
return rot;
}
void DiagnXX(void){ // диагностика топл. сист. на X.X.
byte st_x;
signed char dx=0;
LCD_CLS();
delay_ms(500);
do{
Rotation();
if(keypad()==BUT_ESC){return;}
delay_ms(200);
if(keypad()==BUT_ESC){return;}
delay_ms(200);
LCD_CLS();
if(rot){
LCD_PUTDS(65,0,rot,4); // вывод оборотов двигателя
LCD_PUTSF(90,0,"об/мин");
}
}
}

```



```

}
Setka();
WritingData(1); // запись данных с датчика в буфер
BuferAnaliz();
//AutoAmplBufer(); // автоматическая регулировка амплитуды (K=0,2..1)
DataToGrafik(x_sinhr,255);

// считка индикатора
}while(keypad()!=BUT_ENTER);
podmenudiagn:
LCD_CLS();
delay_ms(500);
do{
if(keypad()==BUT_DOWN){stroka++;LCD_CLS();}
if(keypad()==BUT_UP){stroka--;LCD_CLS();}
if(stroka==255){stroka=0;}
if(stroka==3){stroka=2;}
for(i=0;i<3;i++){
if(i==stroka){met=MET_NOT_OR;}else{met=MET_OR;}
LCD_PUTSF(0,i*8,NameDiagn[i]);
}
if(keypad()==BUT_ESC){met=MET_OR;return;}
delay_ms(200);
}while(keypad()!=BUT_ENTER);
if(stroka==0){LCD_CLS();} // продолжить анализ
if(stroka==1){Nalogenie(st_x);goto podmenudiagn;} // наложение графика из
EEProm
if(stroka==2){SaveMenu(st_x);goto podmenudiagn;} // в меню сохранения
графика
}
void DiagnH(void){
byte st_x;
signed char dx=0;
LCD_CLS();
delay_ms(500);
do{
Rotation();
//AutoAmplBufer(); // автоматическая регулировка амплитуды (K=0,2..1)

```

```

if(keypad()==BUT_ESC){return;}
delay_ms(200);
if(keypad()==BUT_ESC){return;}
delay_ms(200);
LCD_CLS(); // очистка индикатора
if(rot){
LCD_PUTSF(90,0,"об/мин");
LCD_PUTDS(65,0,rot,4); // вывод оборотов двигателя
}
Setka();
WritingData(5); // запись данных с датчика в буфер
//BuferAnaliz();
DataToGrafik(11,255);
}while(keypad()!=BUT_ENTER);
podmenudiagn:
LCD_CLS();
delay_ms(500);
do{
if(keypad()==BUT_DOWN){stroka++;LCD_CLS(); }
if(keypad()==BUT_UP){stroka--;LCD_CLS(); }
if(stroka==255){stroka=0;}
if(stroka==3){stroka=2;}
for(i=0;i<3;i++){
if(i==stroka){met=MET_NOT_OR;}else{met=MET_OR;}
LCD_PUTSF(0,i*8,NameDiagn[i]);
}
if(keypad()==BUT_ESC){met=MET_OR;return;}
delay_ms(400);
}while(keypad()!=BUT_ENTER);
if(stroka==0){LCD_CLS();while(1){}} // продолжить анализ
if(stroka==1){Nalogenie(st_x);goto podmenudiagn;} // наложение графика из
EEProm
if(stroka==2){SaveMenu(st_x);goto podmenudiagn;} // в меню сохранения
графика
}
byte Nachsvedodvig() { // начальные сведения о двигателе
byte param=0;
LCD_CLS();
delay_ms(500);
do{
met=MET_OR;

```

```

if(keypad()==BUT_RIGHT){param++;LCD_CLS();}
if(keypad()==BUT_LEFT){param--;LCD_CLS();}
if(param==255){param=0;}
if(param==4){param=3;}

if(keypad()==BUT_UP)
{if(param==3){zona++;}else{today[param]++;}LCD_CLS();}
if(keypad()==BUT_DOWN){if(param==3){zona--;}else{today[param]--;}LCD_CLS();}
if(today[0]==32){today[0]=0;}
if(today[0]==255){today[0]=31;}
if(today[1]==13){today[1]=1;}
if(today[1]==0){today[1]=12;}
if(today[2]>50){today[2]=11;}
if(today[2]<11){today[2]=50;}
if(zona==3){zona=0;}
if(zona==255){zona=2;}

LCD_PUTSF(6,0,"НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ");
LCD_PUTSF(27,8,"О ДВИГАТЕЛЕ.");
LCD_LINE(10,17,118,17);
LCD_PUTSF(0,24,"Сегодня: 20 г.");
LCD_PUTSF(6,40,"Климатическая зона.");
if(param==0){met=MET_NOT_OR;}else{met=MET_OR;}
LCD_PUTDS(54,24,today[0],2);
if(param==1){met=MET_NOT_OR;}else{met=MET_OR;}
LCD_PUTDS(72,24,today[1],2);
if(param==2){met=MET_NOT_OR;}else{met=MET_OR;}
LCD_PUTDS(102,24,today[2],2);
if(param==3){met=MET_NOT_OR;}else{met=MET_OR;}
LCD_PUTSF(10,48,NameZona[zona]);
if(keypad()==BUT_ESC){return 0;}
delay_ms(300);
}while(keypad()!=BUT_ENTER);
LCD_CLS();
delay_ms(500);
do{
switch(keypad()){
case BUT_DOWN:
case BUT_UP:
case BUT_LEFT:

```

```

case BUT_RIGHT:
if(narabotka){narabotka=0;}else{narabotka=1;}LCD_CLS();
default:
}
met=MET_OR;
LCD_PUTSF(3,0,"Наработка двигателя");
LCD_PUTSF(0,8,"с начала эксплуатации");
LCD_PUTSF(0,16,"(или кап. ремонта):");
met=MET_NOT_OR;
LCD_PUTSF(16,36,NameNarabotka[narabotka]);
met=MET_OR;

if(keypad()==BUT_ESC){return 0;}
delay_ms(400);

}while(keypad()!=BUT_ENTER);
LCD_CLS();
LCD_PUTSF(8,16,"Начальные сведения");
LCD_PUTSF(16,32,"сохранены ...");
delay_ms(1500);
return 1; // сведения были введены полностью
}
byte structura( byte n_str, byte pos_menu, flash char *text){
int i; // № символа текста
byte x=0; // № символа строки
byte direct; //0-вниз 1-вверх направление движения по меню
byte str=0; // активная строка меню
byte page=0; // активная страница меню
byte p; // перебираемая страница меню
byte lcd_str; // выводимая строка индикатора
float n=0;
byte del=0;
byte perv_raz=1;
byte beg=0;
if(pos_menu<8){str=pos_menu;}
met=MET_FAST;
LCD_CLS();
delay_ms(600);
while((keypad()!=BUT_ENTER)){
p=0;
lcd_str=0;

```

```

i=0;
while(1){
x=0;beg=0;
while(1){
if (text[i]==0) {goto end_text;}
if (text[i]=='/'){i++;goto end_stroka;} // -переход на след. строку
if(p==page){
if(str==lcd_str){ // активная строка
if ((page*8+str)>=pos_menu){met=MET_FAST_NOT;}
if (text[i]=='_'){beg=1; } //if(perv_raz){del=1;perv_raz=0;}
if (text[i+(byte)n]=='/'){n=0;}//if(perv_raz){del=1;perv_raz=0;}
}
if (text[i]=='_'){i++;}
if (beg){LCD_PUTC(x*6, lcd_str*8, text[i+(byte)n]);// вывод бегущей строки
// if ((n==1)&&()) {delay_ms(2000);perv_raz=0;} // задержка на первом
символе
//if ((n==19)&&(perv_raz)) {delay_ms(3000);perv_raz=0;} // задержка на
последнем символе
}
else {LCD_PUTC(x*6, lcd_str*8, text[i]);} // вывод строки
//if(n==3){perv_raz=1;}
if (x>20){x=0;while(text[i]!='/'){i++;} i++; goto end_stroka;} // выводим
сколько влезит а индикатор
}
i++; x++;
}
end_stroka:
met=MET_FAST;
lcd_str++;if(lcd_str==8){lcd_str=0;p++;}
}
end_text:
if(del){delay_ms(400);del=0;}
if(n==0.3){delay_ms(800);} // задержка нач строки
if(n==0){delay_ms(1000);}
if((keypad()==BUT_DOWN)&&((page*8+str+1)<n_str)){
str++;n=0;direct=0; // вниз по списку
if(str==8){ // переход на следующую страницу

```

```

str=0;page++;
if(page==3){page=2;}
LCD_CLS();
}
//del=1;
}
if(keypad()==BUT_UP){
str--;n=0;direct=1; // вверх по меню
if(str==255){ // переход на предыдущую страницу
str=7;page--;
if(page==255){page=0;str=0;}
LCD_CLS();
}
//del=1;
}
delay_ms(50);
n+=0.3; // скорость бегущей строки
if(keypad()==BUT_ESC){return 255;} // 0- значит выход из подменю

while(((page*8+str)<pos_menu)&&(str!=7)){ // инерционное движение по
меню
if (direct){
str--;
if(str==255){str=7;page--;if(page==255){page=0;}}
}
else{
str++;
if(str==255){str=7;page++;if(page==4){page=3;}}
}
if(((page*8+str)==pos_menu)||((str==7))){LCD_CLS();}
}
}
return (page*8+str-pos_menu+1); // вход в подменю
}
void PoiskNeispr(){
byte n=0,ur1=0,ur2=0,ur3=0,ur4=0,ur5=0,ur6=0,ur7=0,ur8=0;
signed char len;
if(!Nachsvododvig()){return;} // выйти если не введены нач сведения
//structura(24,20,test);
repit_A:

```

```

ur1=structura(8,1,A);
switch (ur1){
case 1: {
repit_A1:
ur2=structura(7,1,A1);
switch (ur2){
case 1: {
repit_A11:
ur3=structura(7,2,A11);
switch (ur3){
case 1: {
repit_A111:
ur4=structura(12,9,A111);
switch (ur4){
case 1: // как case 2
case 2: {ur5=structura( 6, 7,A1111);goto repit_A111;}
case 3: {
repit_A1113:
ur5=structura(14,12,A1113);
switch (ur5){
case 1: {
repit_A11131:
ur6=structura( 5, 2,A11131);
switch (ur6){
case 1:
case 2:
case 3: ur7=structura( 5, 2,A13); goto repit_A11131;
default:
}
goto repit_A1113;
}
case 2: {
repit_A11132:
ur6=structura(15,12,A11132);
switch (ur6){
case 1: {
repit_A111321:
ur7=structura( 5, 2,A11131); goto repit_A11132;
switch (ur7){
case 1:
case 2:

```

```

case 3: ur8=structura( 5, 2,A13); goto repit_A11321;
default:
}
goto repit_A1132;
}
case 2: ur7=structura( 4, 5,A11322);goto repit_A1132;
case 3: {
repit_A11323:
ur7=structura( 5, 2,A1131);
switch (ur7){
case 1:
case 2:
case 3: ur8=structura( 5, 2,A13); goto repit_A11323;
default:
}
goto repit_A1132;
}
default:
}
goto repit_A113;
}
default:
}
goto repit_A111;
}
default:
}
goto repit_A11;
}
}
case 2: {
repit_A112:
ur4=structura(18,15,A112);
switch(ur4){
case 1: {ur5=structura( 4, 4,A1121);goto repit_A112;}
case 2: // как case 3
case 3: {
repit_A1123:
ur5=structura(14,12,A1113);

```



```

switch(ur5){
case 1: // как case 2
case 2: {
repit_A11232:
ur6=structura(15,12,A11132);
switch(ur6){
case 1: {ur7=structura( 5, 2,A13); goto repit_A11232;}
case 2: {ur7=structura( 4, 5,A111322);goto repit_A11232;}
case 3: {ur7=structura( 5, 2,A13); goto repit_A11232;}
default:
}
goto repit_A1123;
}
default:
}
goto repit_A112;
}
default:
}
goto repit_A11;
}
case 3: {
repit_A113:
ur4=structura(17,14,A113);
switch(ur4){
case 1: {ur5=structura(14,12,A1113);goto repit_A113;}
case 2: {ur5=structura( 4, 4,A1132);goto repit_A113;}
case 3: {ur5=structura(14,12,A1113);goto repit_A113;}
default:
}
goto repit_A11;
}
case 4: {
repit_A114:
ur4=structura(18,15,A114);
switch(ur4){
case 1: {ur5=structura( 4, 4,A1141);goto repit_A114;}
default:
}
}

```

```

}
goto repit_A11;
}
default:
}
goto repit_A1;

}
case 2: // как case3
case 3: {ur3=structura(6,2,A13);goto repit_A1;}
case 4: {ur3=structura(7,1,A14);goto repit_A1;}
case 5: {ur3=structura(6,3,A15);goto repit_A1;}
case 6: {
repit_A16:
ur3=structura(7,2,A16);
switch (ur3){
case 1: {ur4=structura(11,12,A161);goto repit_A16;}
case 2: {ur4=structura(11,12,A162);goto repit_A16;}
case 3: // как case 4
case 4: {ur4=structura(14,15,A163);goto repit_A16;}
default:
}
goto repit_A1;}
default:
}
goto repit_A;
}
case 2: {
repit_A2:
ur2=structura(6,1,A2);
switch (ur2){
case 1: {
repit_A21:
ur3=structura( 4, 1,A21);
switch (ur3){
case 1: // как case3
case 2: // как case3
case 3: {
repit_A211:
ur4=structura(20,17,A211);
switch(ur4){

```

```

case 1: // как case3
case 2: // как case3
case 3: ur5=structura(6,6,A2111);goto repit_A211;
default:
}
goto repit_A21;
}
default:
}
goto repit_A2;
}
case 2: {
repit_A22:
ur3=structura( 4, 1,A22);
switch (ur3){
case 1: // как case 2
case 2: ur4=structura( 7, 2,A16); goto repit_A22;
case 3: ur4=structura(13,10,A223);goto repit_A22;
default:
}
goto repit_A2;
}
case 3: {
repit_A23:
ur3=structura(12, 3,A23);
switch (ur3){
case 1: {ur4=structura(12,12,A231);goto repit_A23;}
case 2: {ur4=structura(13,13,A232);goto repit_A23;}
case 3: {ur4=structura(13,14,A233);goto repit_A23;}
case 4: {ur4=structura(13,14,A234);goto repit_A23;}
case 5: {ur4=structura(14,15,A235);goto repit_A23;}
case 6: {ur4=structura(14,15,A236);goto repit_A23;}
case 7: {ur4=structura(15,15,A237);goto repit_A23;}
case 8: {ur4=structura(16,16,A238);goto repit_A23;}
case 9: {ur4=structura(12,12,A239);goto repit_A23;}
default:
}
goto repit_A2;
}
case 5: {
repit_A25:

```

```

ur3=structura(15,12,A25);
switch (ur3){
case 1: // как case 3
case 2: // как case 3
case 3: {
repit_A251:
ur4=structura(11, 6,A251);
switch(ur4){
case 1: {ur5=structura(17,14,A2511);goto repit_A251;}
case 2: {ur5=structura( 7, 7,A2512);goto repit_A251;}
case 3: {ur5=structura(11, 7,A2513);goto repit_A251;}
case 4: {ur5=structura( 7, 7,A2514);goto repit_A251;}
default:
}
goto repit_A25;
}
default:
}
goto repit_A2;
}
default:
}
goto repit_A;
}
case 3: {
repit_A3:
ur2=structura(8,1,A3);
switch (ur2){
case 1: {
repit_A31:
ur3=structura( 5, 2,A31);
switch (ur3){
case 1: {
repit_A311:
ur4=structura(18,15,A311);
switch (ur4){
case 1: {
repit_A3111:
ur5=structura( 7, 6,A3111);
switch (ur5){

```

```

case 1: {ur6=structura( 3, 3,A31111);goto repit_A3111;}
case 2: {
repit_A31112:
ur6=structura(12,9,A31112);
switch(ur6){
case 1: {ur6=structura( 4, 9,A311121);goto repit_A31112;}
case 2: {ur6=structura(11,11,A311122);goto repit_A31112;}
default:
}
goto repit_A3111;
}
default:
}
goto repit_A311;
}
case 2: {ur5=structura( 7, 5,A3112);goto repit_A311;}
default:
}
goto repit_A31;
}
default:
}
goto repit_A3;
}
case 2: {ur3=structura(19,16,A32);goto repit_A3;}
case 4: {ur3=structura(15,11,A34);goto repit_A3;}
case 5: {ur3=structura(15,12,A35);goto repit_A3;}
case 7: {ur3=structura( 5, 1,A37);goto repit_A3;}
default:
}
goto repit_A;
}
case 4: {
repit_A4:
ur2=structura(8,2,A4);
switch (ur2){
case 3: {ur3=structura(4,1,A43);goto repit_A4;}
case 6: {ur3=structura(3,1,A46);goto repit_A4;}

```

```

case 7: {ur3=structura(7,2,A47);goto repit_A4;}
default:
}
goto repit_A;
}
case 5: {
repit_A5:
ur2=structura(3,1,A5);
switch (ur2){
case 1: {
repit_A51:
ur3=structura(7,1,A6);
switch (ur3){
case 1:
case 2:
case 3: {ur4=structura(5,2,A61);goto repit_A51;}
default:
}
goto repit_A5;
}
case 2: {ur3=structura(7,1,A14);goto repit_A5;}
default:
}
goto repit_A;
}
case 6: {
repit_A6:
ur2=structura(7,1,A6);
switch (ur2){
case 1:
case 2:
case 3: {ur3=structura(5,2,A61);goto repit_A6;}
default:
}
goto repit_A;
}
case 7: {
repit_A7:
ur2=structura(7,1,A7);
switch (ur2){
case 2: {

```

```

repit_A72:
ur3=structura(5,1,A72);
switch (ur3){
case 4: {ur4=structura(5,1,A724);goto repit_A72;}
default:
}
goto repit_A7;
}
case 4: {ur3=structura(3,1,A74);goto repit_A7;}
case 5: {
repit_A75:
ur3=structura(4,1,A75);
switch (ur3){
case 1: {ur4=structura(4,1,A751);goto repit_A75;}
default:
}
goto repit_A7;
}
case 6: {
repit_A76:
ur3=structura(8,1,A76);
switch (ur3){
case 1: {ur4=structura(3,1,A761);goto repit_A76;}
case 4: {ur4=structura(8,1,A764);goto repit_A76;}
case 7: {
repit_A767:
ur4=structura(4,1,A767);
switch (ur4){
case 3: {ur5=structura(4,1,A7673);goto repit_A767;}
default:
}
goto repit_A76;
}
default:
}
goto repit_A7;
}
default:
}
goto repit_A;
}

```

```

default:
}
}
void MainMenu(void){
LCD_CLS();
stroka=0;
while(keypad()!=BUT_ENTER){
if(keypad()==BUT_DOWN){stroka+=3;LCD_CLS();}
if(keypad()==BUT_UP){stroka-=3;LCD_CLS();}
if(stroka==253){stroka=6;}
if(stroka==9){stroka=0;}
for(i=0;i!=9;i+=3){
if(i==stroka){met=MET_NOT_OR;}else{met=MET_OR;}
LCD_PUTSF(0,i*8,NameMenu[i]);
LCD_PUTSF(0,(i*8)+8,NameMenu[i+1]);
}
if(keypad()==BUT_ESC){return;}
delay_ms(300);
}
met=MET_OR;
if(stroka==0){DiagnXX();} // диагностика на X.X.
if(stroka==3){DiagnH();} // диагностика под нагрузкой
if(stroka==6){PoiskNeispr();} // программа поиска неисправностей
}
void Memory(void){
byte page=0;
NextPage:
LCD_CLS();
LCD_PUTSF(58,0,"График:");
LCD_PUTSF(105,0,NameSave[page]);
DataToGrafik(255,page);
Setka();
delay_ms(900);
while(keypad()!=BUT_ESC){
if(keypad()==BUT_UP){page++;if(page==10){page=9;}goto NextPage;}
if(keypad()==BUT_DOWN){page--;if(page==255){page=0;}goto NextPage;}
}
}
void Help(void){

```



```

structura(24,24,Text_help);
}
void init(){
// Timer/Counter 0 initialization
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
// Timer/Counter 1 initialization
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 1000,000 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x02;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 125,000 kHz
// ADC Voltage Reference: Int., cap. on AREF
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x86;
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
TIMSK=0x00; // Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization

```

```
ACSR=0x80; // Analog Comparator initialization
SFIO=0x00;
PORTA=0b00000000;
DDRA= 0b00000000;
// Global enable interrupts
#asm("sei")
}
void main(void){
init();
LCD_INIT();
LCD_CLS();
start:
while(1){
met=MET_OR; // метод вывода
LCD_CLS();
LCD_PUTSF(25,8);
LCD_PUTSF(31,20);
LCD_PUTSF(16,32, v1.2");
while(1){
if(keypad()==BUT_MENU) {MainMenu();goto start;}
if(keypad()==BUT_MEMORY){Memory(); goto start;}
if(keypad()==BUT_INFO) {Help(); goto start;}
}
}
}
```

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	4
1.1. Общие сведения о неисправностях и их влияние на состояние системы питания дизельного двигателя	4
1.2. Роль диагностирования в повышении эффективности технической эксплуатации автомобильных дизелей	8
1.3. Сравнительный анализ разработок в области диагностирования автомобильных дизелей	10
1.4. Оборудование для диагностирования системы питания дизельного двигателя.....	15
1.5. Анализ стендов для проверки топливных систем дизельных двигателей.....	16
1.6. Анализ оборудования для диагностирования топливной системы без снятия с автомобиля.....	21
1.7. Комплекс для диагностирования двигателей КАД-300	23
1.8. Работа комплекса.....	28
1.9. Рабочая программа	31
1.10. Подготовка комплекса к работе.....	41
1.11. Подготовка к диагностике автомобиля	42
1.12. Первичное подключение и опробование комплекса	43
1.13. Диагностирование дизельного двигателя	43
1.14. Проверка напряжения заряда аккумуляторной батареи.....	46
1.15. Проверка зарядной цепи дизельных двигателей.....	47
1.16. Проверка автоматической муфты опережения впрыска дизельных двигателей	47
1.17. Проверка и регулировка максимальной частоты вращения дизельных двигателей	48
1.18. Наблюдение осциллограмм работы дизельных двигателей	48
1.19. Анализ методов поиска неисправностей	70
1.20. Классификация контрольно-измерительных приборов	75
1.21. Влияние характерных неисправностей автомобильных дизелей на их эксплуатационные показатели.....	85
1.22. Роль диагностирования в повышении эффективности технической эксплуатации автомобильных дизелей	90
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	92
2.1. Описание объекта исследований	92
2.2. Режимы обеспечения работоспособности автомобиля и его топливной системы.....	93
2.3. Целевая функция исследований.....	94
2.4. Вероятностно-логический подход к выявлению неисправностей автомобилей	100
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	116

3.1. Общая методика исследований.....	116
3.2. Обоснование плана и объема исследований	118
3.3. Общее назначение и цели выполнения экспериментальных исследований.....	119
3.4. Характеристика объекта исследований и методика проведения исследований.....	121
3.5. Анализ статистических данных по отказам элементов дизельной топливной системы при эксплуатации автомобилей КАМАЗ в условиях Пензы и Рязани.....	122
3.6. Сравнительный анализ результатов исследования поиска неисправностей	128
4. РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	141
4.1. Структура и описание работы программы по диагностированию технического состояния автомобиля	141
4.2. Макетный образец встроенной системы диагностирования автомобильных дизелей	162
4.3. Оценка экономической эффективности внедрения системы диагностирования автомобильных дизелей	165
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	169
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	170
ПРИЛОЖЕНИЯ	181

Научное издание

Лянденбургский Владимир Владимирович
Тарасов Александр Иванович

**ВЕРОЯТНОСТНО-ЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОИСКА
НЕИСПРАВНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ**

Монография

В авторской редакции
Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 12.07.13. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 12,79. Уч.-изд.л. 13,75. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ № 145.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.