

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Автоматика и управление»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор

_____ / Л.С. Казаринов

« ____ » _____ 2020 г.

Автоматизированная система диагностики технического состояния
автомобильного транспорта

Пояснительная записка
к выпускной квалификационной работе
ЮУрГУ – 270304.2020.403 ПЗ ВКР

Руководитель проекта

к.т.н., доцент каф.АиУ

_____ / Колесникова О.В..

« ____ » _____ 2020 г.

Автор работы

Студент гр. КЭ-417

_____ / Семенов А.В.

« ____ » _____ 2020 г.

Нормоконтролер

к.т.н., доцент каф.АиУ

_____ / Барбасова Т.А.

« ____ » _____ 2020 г.

Челябинск

2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	7
1.1 Общие сведения	7
1.2 Обзор литературы	9
1.3 Постановка цели и задач исследования	16
2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	18
2.1 Обзор технических средств	18
2.2 Функциональная схема технического диагностирования	24
3 МЕТОДИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	26
3.1 Методическое обеспечение	26
3.2 Алгоритмическое обеспечение	40
3.3 Среда разработки	43
3.4 Описание программного обеспечения	47
4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	62
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	81

ВВЕДЕНИЕ

Теоретической базой и информационной основой выпускной квалификационной работы являются труды отечественных и зарубежных ученых, инженеров в области автомобилестроения и создания прогрессивной системы диагностирования транспорта, производителей мировых фирм автомобильной отрасли, материалы научно-практических конференций и семинаров. В ходе исследования данной темы, были изучены законодательные, нормативные и инструктивные материалы Министерства транспорта.

Данная работа никак не потеряла своей востребованности, так как связана с постоянным усовершенствованием технического прогресса. С каждым годом производители улучшают свои технологии в сфере транспорта и появляется необходимость в модернизированной диагностике.

Для эффективной реализации поставленных задач существуют многочисленные работы по изучению диагностического оборудования. С целью повышения контролепригодности и заданных требований параметров и характеристик диагностики.

Наиболее рациональным решением является осуществление работ по диагностическому обеспечению автомобилей на всех стадиях его работы, начиная от их разработки до полного списания. Диагностическое обеспечение – это комплекс взаимосвязанных методов диагностирования, нормативов, технических (аппаратурных) и программных средств, процессов диагностирования, систем метрологического обеспечения используемых методов и средств технического диагностирования, отраженных в технической документации [1-5].

Увеличение показателя готовности автомобильного парка можно за счет повышения объёма контрольно-диагностических работ в процессах ремонта и эксплуатации транспортного средства. Обычно, время, затрачиваемое на диагностику всех технических параметров состояния, равное 5-10% общего времени диагностирования, остальное время затрачивается на обслуживание автомобиля, настройки работы двигателя, по условиям заказчика, и обработку результатов диагностирования [6]. Анализ всех общих агрегатов обеспечивается на

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

стадиях их разработки и изготовления соблюдением требований к техническому диагностированию в области конструктивного исполнения изделий, параметров и методов диагностирования, показателей оценки контролепригодности объекта [7].

Таким образом, требуются надёжные и высокоточные органы исполнения, для улучшенной диагностики и характеристик машин. Итоговое решение осуществляется по нескольким показателям данных, на основе которых можно определить общее состояния технической системы в полном объёме [8].

Применение автоматизированной системы диагностики технического состояния автомобиля позволяет оперативно оценивать техническое состояние в целом, тем самым снизить трудовые и материальные затраты на проведение внепланового технического обслуживания и ремонта автомобилей [9].

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

1.1 Общие сведения

В процессе эксплуатации транспортного средства, требуется производить общую диагностику всех узлов, но чаще всего, требуется разбирать агрегатные части. Поэтому при диагностировании используют косвенными признаками, на основе которых можно оценить состояние системы. Данные признаки называются диагностическими параметрами и представляют собой фиксированные величины, связанные с параметрами технического состояния автомобиля и несущие информацию о его состоянии. Диагностическими параметрами могут быть: параметры смежных процессов эксплуатации (шум, гул и т.п.), параметры общего назначения (ускорение, расстояние тормозного пути, расхода топлива и др.) и геометрические величины (зазоры, люфты, биения и др.). Связь при изменении диагностических параметров в условиях работ объекта диагностирования равны закономерностям изменения его общего состояния. Для поиска этих условий диагностических параметров, они должны быть информативны, устойчивы, чувствительны и релевантны к заданным параметрам [10].

Релевантность является одним из главным свойством диагностического параметра. Данная величина обозначает достоверность диагноза, получаемого в результате полученных параметров. В общем случае, когда выявляется неисправность объекта в целом, информативность определяют из общего анализа плотностей распределения значений параметра $f_1(\Pi)$ и $f_2(\Pi)$, соответствующих заведомо исправным и неисправным объектам. Распределение информативности диагностических параметров представлено на рисунке 1.1. На рисунке 1.1 приняты следующие обозначения: а – информативного; б – малоинформативного; в – неинформативного; f_1 и f_2 – функции распределительных параметров рабочей и неисправной системы соответственно [11].

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

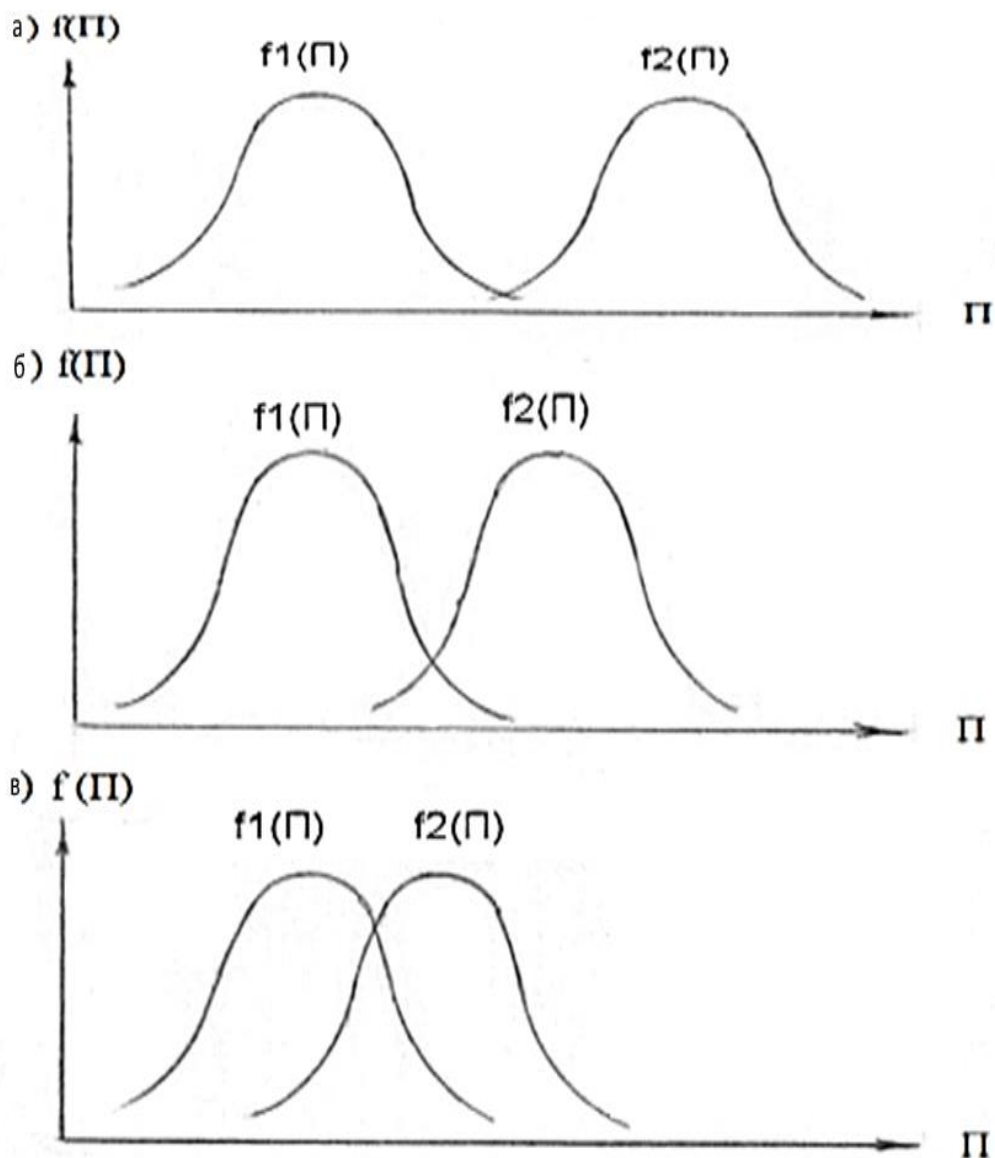


Рисунок 1.1 – Схема информативности диагностических параметров

Можно сделать вывод, что чем меньше «перекрытия» распределений, тем меньше ошибок при постановке диагноза данного типа параметра.

Для общего определения информативности в разбираемом случае требуется выявить общие пересечения данных, т.е. возможность ошибки данных диагноза. Данная величина меньше, чем больше будет отличий средних показаний значений выбранных параметров для рабочей и неисправной системы объекта, а также меньше разброс значений у каждого из сравнительного параметра. Чем выше данные показатели, тем на большее значение снижается неопределенность системы при использовании данных параметров. Для определения общего состояния,

требуется сопоставить рабочие данные с показателями заданных заводом-изготовителем при условиях возможных допущений [12].

1.2 Обзор литературы

В области автомобильной промышленности с 1970 годов произошли серьезные перемены в связи с появлением электронных компонентов и систем для транспортных средств. Развитие указанных систем первоначально мотивировано введением норм выбросов, которые привели к широкому применению блоков электронного управления двигателем. Другим важным следствием этих событий стало принятие правил бортовой диагностики, направленных на обеспечение того, чтобы системы контроля выбросов работали в соответствии с заданным периодом времени. Кроме того, наличие микроконтроллеров на борту транспортного средства привело к распространению других функций, связанных с безопасностью и удобством для клиентов, и реализованных с помощью электронных систем, и соответствующего программного обеспечения, таким образом, возникает необходимость в более сложной бортовой диагностике [13].

Крупнейшие компании-производители автомобильного транспорта с 1984 года начали стремительно разрабатывать компьютерную диагностику неисправностей машин. Такая диагностика должна была обеспечить качественное обслуживание транспорта. Автопроизводители ставят перед собой задачу создания такого типа диагностики, который сможет повысить степень защиты как водителя, так и его пассажиров, повышение комфорта эксплуатации транспортного средства.

Интервал времени между 1985 и 1994 годами появляется множество электронных датчиков управления, при этом требуется их диагностика [14].

До 1994 года в международной автомобильной промышленности использовалось множество концепций, стандарты и протоколы диагностики, общее название которых OnBoardDiagnostic (далее, OBD). Основная идеология введения OBD заключается в том, что любая неисправность в системе контроля выбросов влияет на алгоритмы программного обеспечения, датчики, исполнительные механизмы или другое оборудование, которое может привести к увеличению

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

выбросов выхлопных газов. Процесс чтения кодов OBD-I требовал вызова переменных, в ответ приходили короткие импульсы, благодаря чему происходило чтение кодов неисправностей [15].

Благодаря усилиям Ассоциации инженеров автомобилестроения в 1995 году были внедрены единые стандарты самодиагностики автомобилей, возможность обмена данных, а также создана структура единого кода к диагностическим средствам. Таким образом, грузовые автомобили в Соединенных Штатах Америки уже имели протокол обмена OnBoardDiagnostic-II (далее, OBD-II). Внешний вид диагностического разъема для этого представлен на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Диагностический разъём OBD-II

В начале 2000 года согласно директиве 98/69EG все новые бензиновые автомобили вышедшие с конвейера Европы, были обязаны иметь 16-контактный диагностический разъём в соответствии с этим стандартом, изложенной директивой выше. Данную концептуальную идею поддержали и в других континентах нашего мира. Но, несмотря на общую стандартизацию, требовалось применять различные подходы для связи с модулем управления. Автомобиль, совместимый с OBD-II, способен применять каждый из следующих протоколов: J1850 VPW, J1850 PWM, ISO 9141-2, ISO 14230-4 и KeywordProtocol 2000. Все протоколы используют импульсно-кодированную модуляцию неустойчивого или стабильная длина в базе данных шины CAN [16].

Инновационные электронные системы управления автомобиля оснащены так называемыми системой самодиагностики, которые предупреждают водителя о возникновении определенных поломок. Так, например, на приборной панели

многих машин есть универсальный индикатор – лампа «CheckEngine», которое носит для владельца автомобиля, предупредительный характер, что у автомобиля имеется неисправность. В целях самодиагностики индикатор загорается во время включения зажигания, после проверки на отсутствие неисправностей во всей системе он гаснет. В случае наличия неисправности данный индикатор горит на протяжении всего времени эксплуатации автомобиля, вплоть до момента устранения данной проблемы [17].

Если владелец транспортного средства соблюдает регламент прохождения технического обслуживания, то состоянием автомобиля, как правило, является хорошим. Сервисные специалисты, получая автомобиль на плановую проверку, в первую очередь проверяют общее состояние автомобиля с помощью диагностического оборудования. Требуется проверить состояние цепей, работоспособность катализатора, который служит для нейтрализации вредных для человека и окружающей среды оксидов азота и углеводорода и других параметров. Помимо этого, требуется воспользоваться измерительными приборами, таким как, компрессометр для проверки компрессии в цилиндрах ДВС, топливомер для измерения давления в топливной системе, газоанализатор для измерения выхлопных газов на содержание СО (окись углерода), стробоскоп для проверки опережения угла зажигания. Благодаря дополнительным приборам, возможно, получить общую информацию о текущем состоянии работы ДВС [18-19].

Метод диагностирования у разных марок автомобилей может различаться, но концепция работы сходна между собой. Электронный блок управления (далее, ЭБУ) считывает данные с информационных датчиков в разное время работы двигателя для проведения измерения значений параметров [20].

Выходные сигналы с датчиков бывают дискретными или аналоговыми. Дискретные сигналы, переданные с датчиков, определяются пороговым значением – импульсом. Дискретные показания, как правило, сигнализируют об отсутствии электрического контакта или обрыва цепи датчика. Аналоговые сигналы показывают изменение значения параметра, также по ним проверяется нахождение значений параметров в допустимых диапазонах [21].

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Электронный блок управления двигателя принимает и обрабатывает информацию от датчиков. На основе данной информации отправляет сигналы на исполнительные механизмы различных устройств, например, топливный насос, адсорбер и другие. Типовая схема управления системами автомобиля представлена на рисунке 1.3.

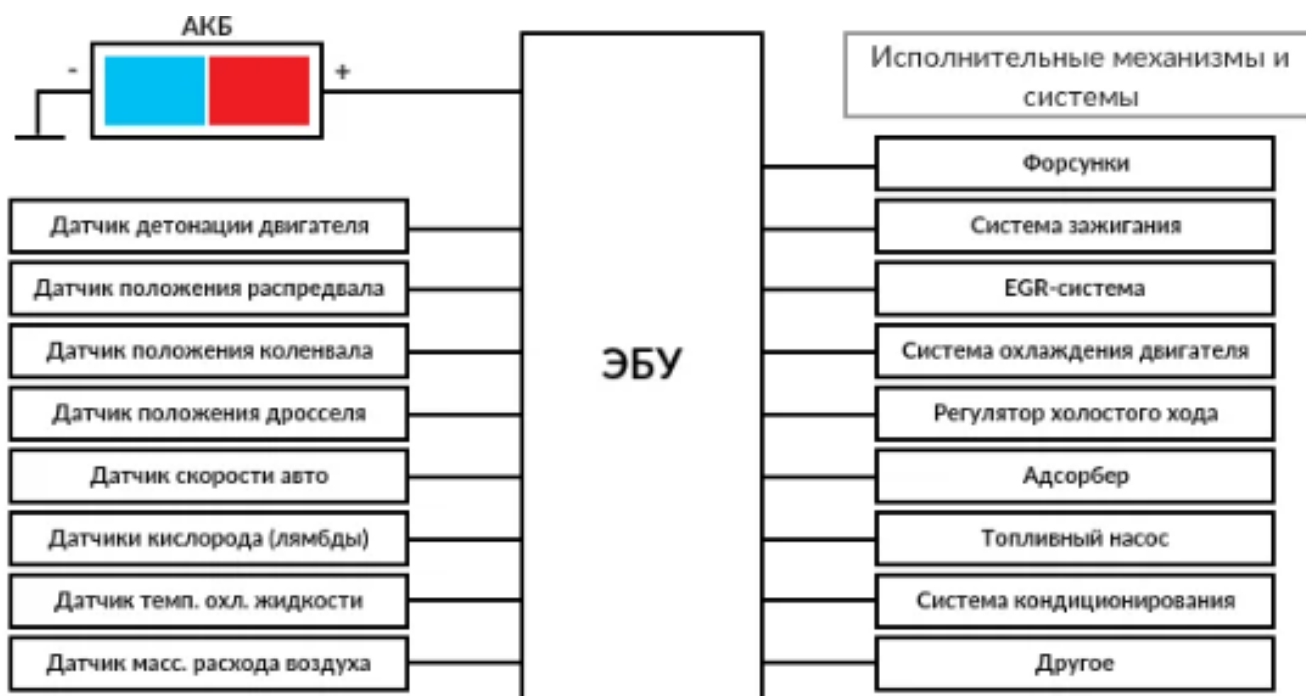


Рисунок 1.3 – Схема управления системами автомобиля

В состав ЭБУ входит:

- центральный процесс;
- постоянное запоминающее устройство (ПЗУ);
- аналогово-цифровой преобразователь (АЦП);
- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
- порты ввода и вывода;
- генератор тактовой частоты;
- таймеры, иначе называемые счетчиками.

Современные блоки управления имеют внутреннюю память для хранения и отображения кодов ошибок, которые были диагностированы во время эксплуатации автомобиля [22].

Существует несколько видов диагностирования и зависит от типа, назначения и условий эксплуатации объектов, а также от дополнительных оснащений автомобиля.

На рисунке 1.4 представлена классификация методов диагностирования.

Методы можно подразделить на организационные и технологические методы [23].

Организационная структура диагностирования характеризуется специализацией данных и степенью совмещения диагностирования с техническим обслуживанием, при которых работа по отдельным воздействиям технического диагностирования транспортных машин производится на отдельных специализированных участках с периодичностью их использования.

Технологическая структура диагностирования определяет приемы и способы измерения параметров и выявления качественных признаков состояния.

Для проверки работоспособности транспортного средства требуется выявить совокупность отказов и поломок, такие, как уменьшение ускорение, повышение расход топлива [24].

Во время проверки функционирования автомобиля определяется совокупность дефектов заводских регулировок и настроек, т.е. недопустимых снижений производительностей эксплуатационных качеств транспорта.

Метод диагностирования при поиске дефектов позволяет выявить возможную причину по месту и виду причинного дефекта [25].

По применению диагностических средств методы диагностирования подразделяют на две группы: органолептические (или субъективные) и инструментальные (объективные).

Разновидностей диагностического оборудования большое множество, поэтому их нужно разделить на категории.

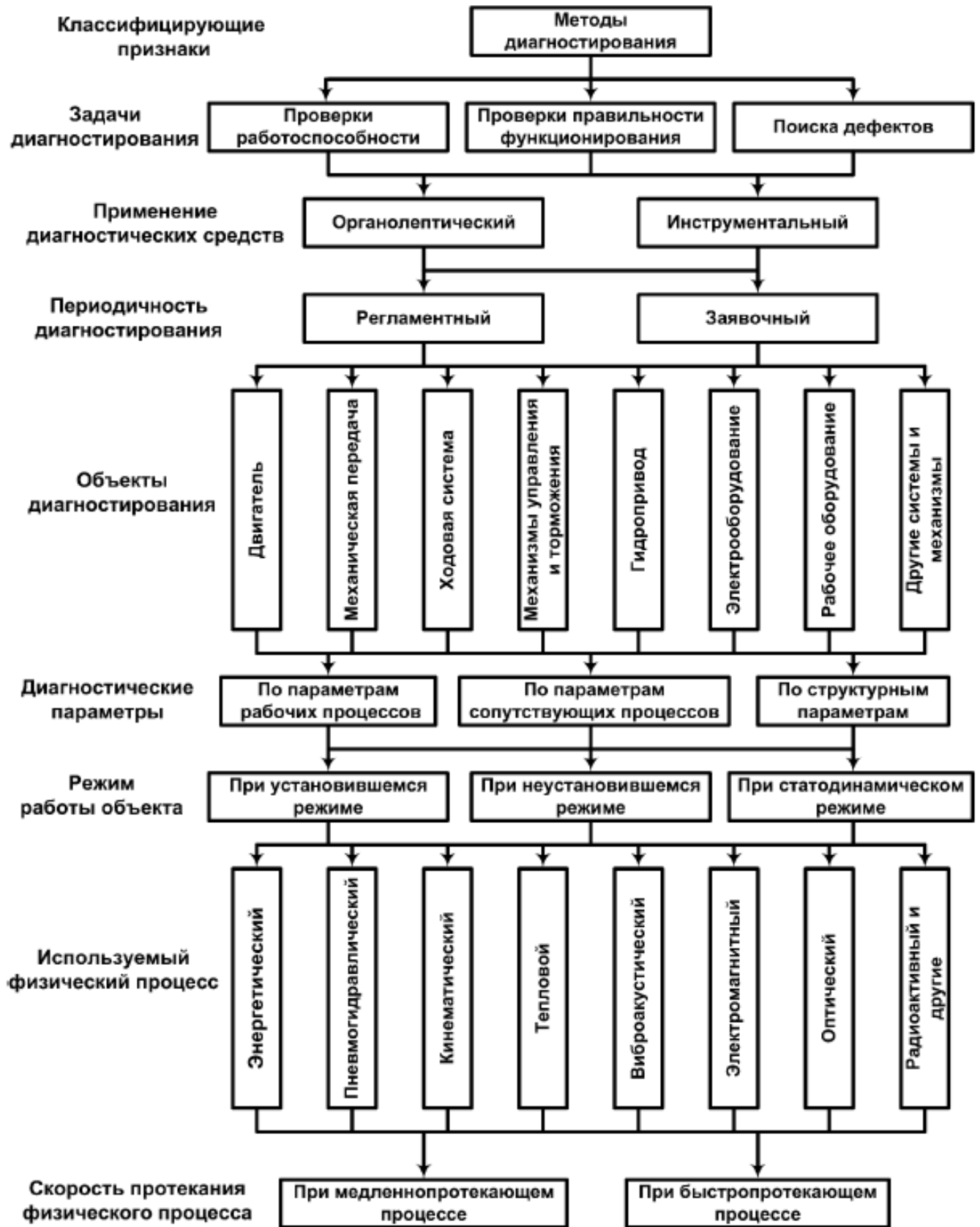


Рисунок 1.4 – Классификация методов диагностирования

В первую очередь, стоит назвать оборудование, созданное компанией производителем автомобильного транспорта. Специализированное дилерское оборудование предназначено для диагностики электронных блоков управления и электрооборудования любых автомобилей конкретной марки. Основным из критериев его работы является надежность и качество. Как правило, оборудование поставляется только в дилерские центры автомобильной марки, которые имеют возможности для программирования и кодирования электронных блоков управления [26]. Имеется полная информационная индивидуальная база данных о каждом автомобиле, который обслуживается у официального дилера. Хранятся такие данные, как история технического обслуживания, проведенные замены и ремонты агрегатов транспорта.

Стационарные мотор-тестеры – это функциональный набор приборов и средств, предназначенных для проверки и диагностики состояния любых автомобилей. Мотор-тестеры представлены на базе ЭВМ, имеющие клавиатуру и дисплей. Данное оборудование включает в себя различные устройства для измерения компрессии, разряжения общего количество веществ во впускном коллекторе, давления топлива, систему анализа выхлопных газов и других параметров. Данный вид диагностики является дополнением к сканерам, описание которых приведено ниже [27-28].

Многие сервисные центры для проверки технического состояния автомобиля используют унифицированные тестовые приборы. Подобные системы диагностики основаны на персональном компьютере или автономном ПЛК с собственным программным обеспечением и интерфейсом для подключения к автомобилю со стандартным разъёмом на основе автомобильного разъёма OBD-II. Данные системы являются гибкими и универсальными, так как появляется возможность подключения к автомобилям большинства марок в зависимости от мощностей прибора. При помощи систем можно в режиме реального времени видеть в графическом представлении общее состояние автомобиля. Возможность проведения технических тестов по измерению параметров работы двигателя для выявления неисправностей. Многие современные технические системы ведут

постоянную запись происходящего, необходимого для дальнейшего анализа всех процессов работ двигателя внутреннего сгорания (далее, ДВС). Данные сохраняются в удобном для пользователя формате, чтобы распечатать все полученные данные с автомобиля. В настоящее время существуют карманные диагностические компьютеры для непрофессионального использования. На рисунке 1.5 приведен внешний вид одного из таких диагностических компьютеров.



Рисунок 1.5 – Общий вид карманного диагностического компьютера

Данный прибор предназначен для определения общего состояния автомобиля без посещения сервисного центра. Основным преимуществом подобных диагностических компьютеров является то, что при его использовании можно определить номер диагностической ошибки в случае неисправности автомобиля при невозможности приехать в сервисный центр. Для данного вида диагностики существуют программы с функциями передачи информации о режиме работы двигателя на персональный компьютер. Данное устройство можно использовать в качестве бортового компьютера для проверки эксплуатационных свойств автомобиля, точным определением расхода топлива, времени разгона, мощности автомобиля и некоторых других параметров.

1.3 Постановка цели и задач исследования

Целью работы является автоматизация диагностики технического состояния автомобильного транспорта

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

– рассмотрение предметной области, включая обзор литературы по существующим методам оценки технического состояния автомобиля, обзор технического обеспечения систем диагностики технического состояния автомобиля;

– разработка методического, алгоритмического и программного обеспечения для оценки технического состояния автомобильного транспорта;

– проведение экспериментальных исследований разработанного программного обеспечения на основе фактических данных эксплуатации автомобилей.

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

2.1 Обзор технических средств

В настоящее время в связи с большим количеством транспортных средств актуальной является задача оперативного и комплексного диагностирования их технического состояния на основе автоматизированных систем. Основными функциями подобных систем является сбор, обработка и отображение данных по основным диагностическим параметрам, считываемых с электронных блоков управления автомобиля [29].

Рассмотрим основные автомобильные датчики.

В целом датчики представляют собой приемник и преобразователь измеряемой физической величины. Состоит из чувствительного элемента, принимающий изменения измеряемой физической величины, и элемента, преобразующего неэлектрический сигнал чувствительного элемента в электрический [30].

Автомобильные датчики были представлены на немецком концерне «Daimler-Motoren-Gesellschaft» в 1920 году. Они представляли собой измерение указателя уровня топлива, а также температуры охлаждающей жидкости.

В зависимости от цели требуемого измерения текущего состояния автомобилей можно разделить датчики на четыре категории:

- датчики контрольных приборов;
- датчики аварийных режимов;
- датчики систем зажигания;
- датчики электронных систем управления двигателем.

Автомобильный двигатель представляет собой систему, состоящую из отдельных взаимосвязанных подсистем: топливоподачи, зажигания, охлаждения, смазки, которые при функционировании образуют единое целое. Вместе с тем, скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя зависят от скоростных режимов движения автомобиля в различных условиях эксплуатации, которые

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

включают в себя разгоны и замедления, движение с относительно постоянной скоростью, остановки [31-32].

Водитель изменяет скоростной и нагрузочный режимы двигателя, воздействуя посредством органов управления на дроссельную заслонку. Выходные параметры двигателя (частота вращения коленчатого вала, крутящий момент, топливная экономичность, токсичность отработавших газов и т.д.) при этом зависят от состава топливо-воздушной смеси и величины угла опережения зажигания. Кроме управляющих воздействий, на выходные параметры двигателя оказывают влияние внешние случайные возмущения – изменение параметров внешней среды (температура, атмосферное давление, влажность воздуха), изменение свойств топлива и масла и т.д. Следует также отметить, что из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей, расхождения конструктивных параметров (степени сжатия, геометрии впускного и выпускного трактов и т.д.) отличаются не только выходные параметры одной и той же модели, но и отдельных цилиндров многоцилиндрового двигателя. С учетом этого возникает проблема обеспечения оптимального управления двигателем для различных условий [33-34].

Датчик температуры охлаждающей жидкости является важным элементом системы охлаждения автомобиля. Суть его работы сводится к тому, чтобы передавать сигнал на блок управления мотором, который регулирует состав топливной смеси, а также частоту вращения коленчатого вала и угол опережения зажигания.

В датчиках температуры охлаждающей жидкости используются свойства металлов и полупроводников менять свое сопротивление при изменении температуры окружающей среды. Современные автомобили оснащены датчиками температуры, представляющими собой полупроводниковые резисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), – их сопротивление уменьшается с увеличением температуры окружающей среды [35].

В автомобилях применяются указатели температуры охлаждающей жидкости (термометры) логометрического типа (см. рисунок 2.1).

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

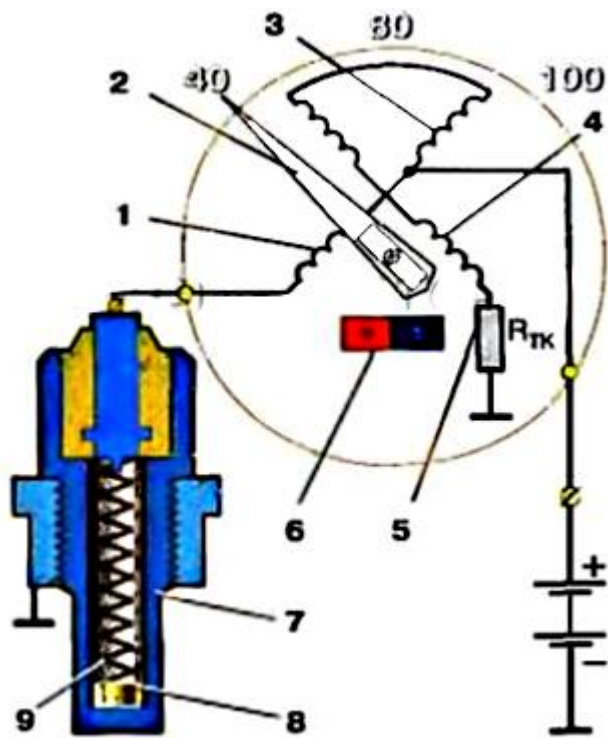


Рисунок 2.1 – Логометрический термометр

На рисунке 2.1 приняты следующие обозначению 1,3,4 – обмотки указателя термометра; 2 – стрелка; 5 – термокомпенсационный резистор; 6 – постоянный магнит; 7 – датчик; 8 – терморезистор; 9 – токоведущая пружина.

Принцип действия подобных термометров основан на взаимодействии поля постоянного магнита 6, соединенного со стрелкой 2, с результирующим магнитным полем трех измерительных обмоток (1, 3, 4), по которым протекает ток. Величина тока в обмотке 1 зависит от сопротивления датчика.

Рассмотрим принцип действия датчиков перегрева охлаждающей жидкости.

В датчиках перегрева охлаждающей жидкости используются свойства термобиметаллической пластины изгибаться при нагреве. Указанная пластина состоит из двух слоев металла, имеющих различные значения температурного коэффициента линейного расширения. Один слой пластины выполнен из инвара (сплава железа с 36% никеля) и имеет очень малый коэффициент линейного расширения, а второй (стальной), слой пластины имеет больший коэффициент линейного расширения. В корпусе датчика термобиметаллическая пластина может быть неподвижно закреплена либо одним концом, либо двумя. В первом случае

подвижный контакт размещается на свободном конце пластины, во втором – при прогибе пластины перемещается толкатель, а вместе с ним подвижный контакт. Прогиб термобиметаллической пластины при нагреве зависит от разности коэффициентов линейного расширения стали и инвара, толщины их слоев, длины нагреваемого участка и температуры перегрева пластины, а вместе с ним подвижный контакт.

Датчик сигнализатора нагрева охлаждающей жидкости автоматически включает сигнальную лампу комбинации приборов, когда температура охлаждающей жидкости превысит допустимое значение. Термобиметаллическая пластина жестко закреплена в корпусе, но изолирована от него. На свободном конце пластины помещен подвижный контакт, а неподвижный контакт расположен на регулировочном винте, соединенном с корпусом датчика. Пока температура охлаждающей жидкости не достигнет предельно допустимого значения, контакты датчика разомкнуты, и сигнальная лампа в комбинации приборов не горит. Активный слой (сталь) биметаллической пластины расположен со стороны, противоположной контакту, поэтому по мере повышения температуры охлаждающей жидкости пластина изгибается и контакты сближаются. Как только температура охлаждающей жидкости достигает предельно допустимого значения, контакты замыкаются, и сигнальная лампа в комбинации приборов загорается. При снижении температуры пластина остывает, ее прогиб уменьшается, контакты размыкаются, сигнальная лампа в комбинации приборов гаснет [36].

Датчик кислорода (далее, лямбда-зонд) – это своеобразный переключатель, сообщающий контроллеру впрыска о качественной концентрации кислорода в отработавших газах [37].

Функционально лямбда-зонд работает, как переключатель и выдает опорное напряжение (0.45V) при низком содержании кислорода в выхлопных газах. При высоком уровне кислорода датчик O₂ снижает свое напряжение до ~0.1–0.2 В.

Лямбда-зонд действует по принципу гальванического элемента с твердым электролитом в виде керамики из диоксида циркония (ZrO₂). Керамика легирована оксидом иттрия, а поверх нее напылены токопроводящие пористые электроды из

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

платины. Один из электродов получает данные, от выхлопных газов, а второй – воздухом из атмосферы. Эффективное измерение остаточного кислорода в отработавших газах лямбда-зонд обеспечивает после разогрева до температуры 300–400 °С. Только в таких условиях циркониевый электролит приобретает проводимость, а разница в количестве атмосферного кислорода и кислорода в выхлопной трубе ведет к появлению на электродах лямбда-зонда выходного напряжения.

Для повышения чувствительности лямбда-зондов при пониженных температурах и после запуска холодного двигателя используют принудительный подогрев. Нагревательный элемент (НЭ) расположен внутри керамического тела датчика и подключается к электросети автомобиля [38].

Элемент зонда, сделанный на основе диоксида титана, не производят напряжение, а меняет свое сопротивление. На рисунке 2.2 представлены элементы датчика кислорода.

На рисунке 2.2 приняты следующие обозначения: 1 – металлический корпус с резьбой, 2 – уплотнительное кольцо, 3 – токосъемник электрического сигнала, 4 – керамический изолятор, 5 – проводка, 6 – манжета проводов уплотнительная. 7 – токопроводящий контакт цепи подогрева, 8 – наружный защитный экран с отверстием для атмосферного воздуха, 9 – подогрев, 10 – наконечник из керамики. 11 – защитный экран с отверстием для отработавших газов.

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

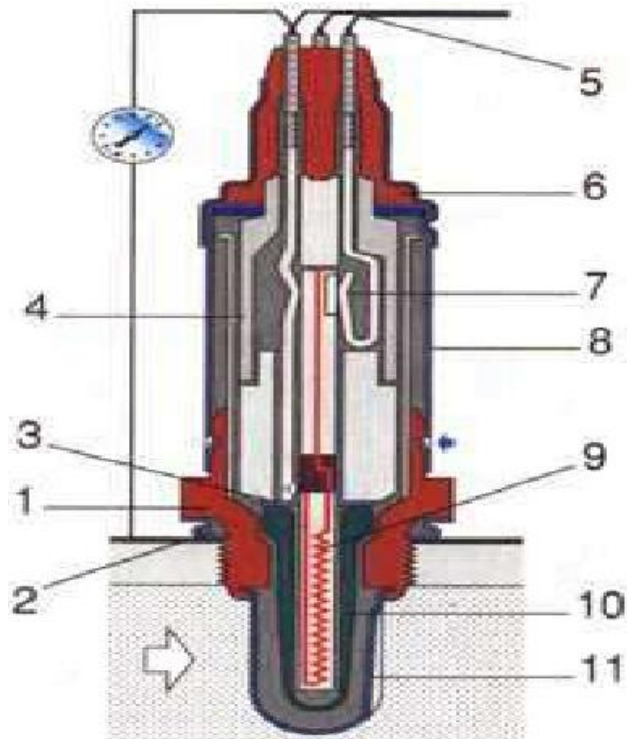


Рисунок 2.2 – Датчик кислорода

На рисунке 2.3 представлена функциональная схема управления автомобильным двигателем.

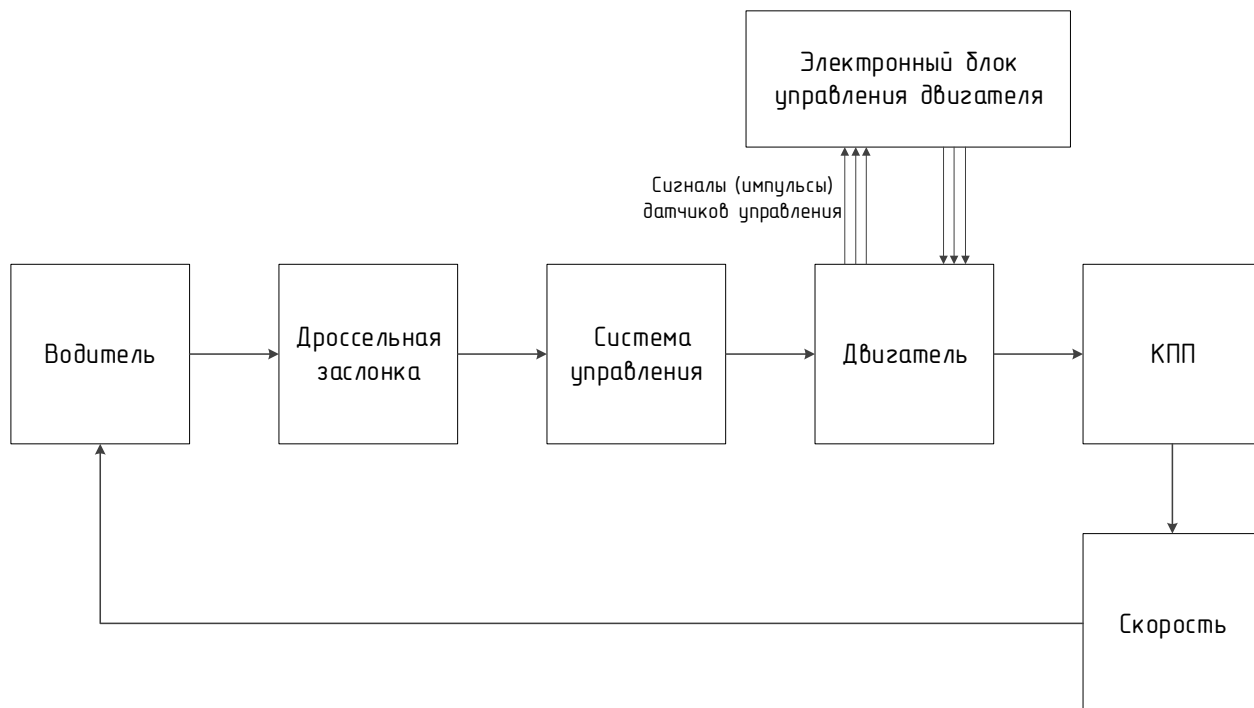


Рисунок 2.3 – Функциональная схема управления автомобильным двигателем

2.2 Функциональная схема технического диагностирования

Схема диагностирования технического объекта состоит из собственно объекта диагностирования с набором технических состояний, подлежащих распознаванию, набора диагностических признаков, решающих правил и правил принятия решения [39].

Обобщенный алгоритм технического диагностирования представлен в виде функциональной схемы на рисунке 2.4.

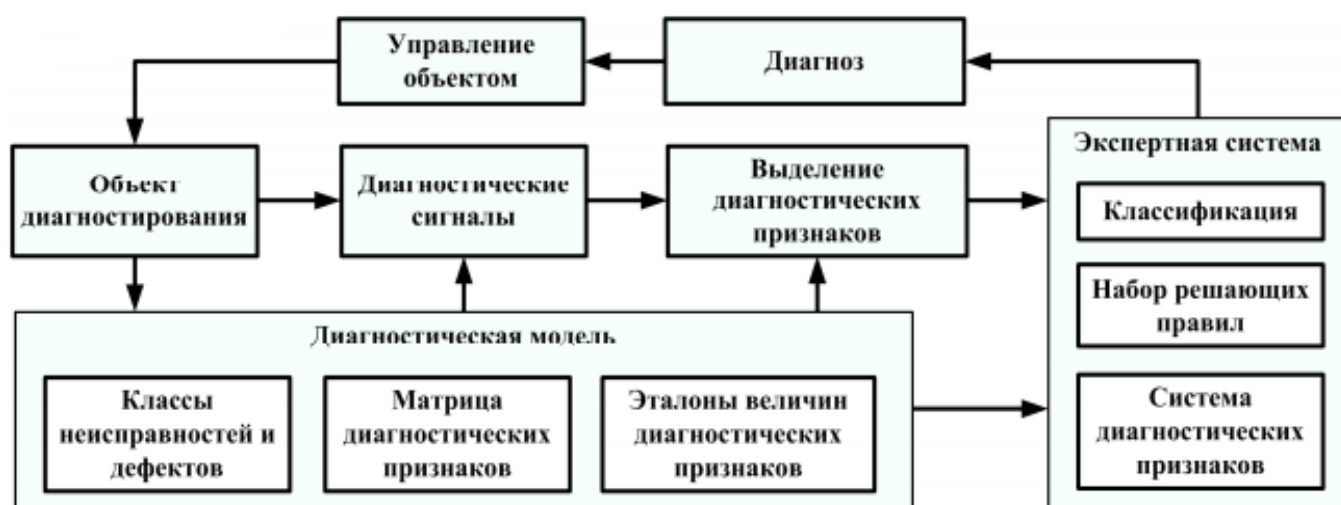


Рисунок 2.4 – Функциональная схема системы технической диагностики

Измерение обеспечивает исходной информацией о состоянии объекта, содержащейся в измеряемых сигналах. Формирование диагностических признаков технического состояния объекта и отдельных его элементов позволяет выделить такие характеристики измеряемых сигналов, которые обладают требуемыми избирательными свойствами к заданному классу дефектов, подлежащих распознаванию. На основании обучения диагностической системы для каждого класса технических состояний формируются эталоны (усредненные для данного класса значения диагностических признаков). Для формирования системы диагностических признаков и эталонов используют диагностическую модель объекта, в ряде случаев облегчающую процесс поиска информативных компонент в исследуемом сигнале [40].

Классификация – набор классифицирующих функций, с помощью которых производится распознавание параметров сигнала. Функция принятия решений – определение фактического состояния (постановка диагноза) объекта диагностирования и его элементов по текущим значениям диагностических признаков [41]. Характеристики изменения последних во времени являются исходными для реализации алгоритмов упреждения (прогноза) потенциальных отказов. Функция управления объектом в соответствии с принятым решением о его фактическом состоянии обеспечивает: аварийное отключение, перевод на падящий режим, включение резервов и т.д.

Таким образом, на основе рассмотренного выше технического обеспечения диагностических систем состояния транспортных средств сформирована обобщённая функциональная схема разрабатываемой автоматизированной системы. Схема приведена на рисунке 2.5.

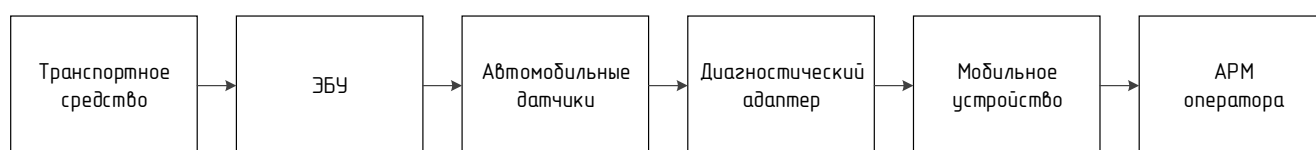


Рисунок 2.5 – Функциональная схема автоматизированной системы диагностики

Транспортное средство оснащено датчиками, передающие данные через ЭБУ, сигналы с которых считываются с использованием диагностического адаптера (разъём OBD-II). Существует возможность подключения мобильного устройства к диагностическому адаптеру для считывания с него данных и их передачи на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора [42].

В данном разделе было рассмотрено техническое обеспечение автомобильного транспорта. Приведены схемы управления автомобильным двигателем, функциональные схемы систем диагностики.

3 МЕТОДИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

3.1 Методическое обеспечение

В работе предложен метод обобщенной оценки технического состояния автомобиля на основе частных показателей с учётом их значимости. Формирование обобщенной оценки осуществляется с использованием нечеткой логики [43-45].

Нечеткая логика – это логическая или управляющая система n -значной логической системы, которая использует степени состояния («степени правды») входов и формирует выходы, зависящие от состояний входов и скорости изменения этих состояний. Это не обычная «истинная или ложная» (1 или 0), булева (двоичная) логика, на которой основаны современные компьютеры. Она в основном обеспечивает основы для приблизительного рассуждения с использованием неточных решений и позволяет использовать лингвистические переменные [46].

Лингвистическая переменная – это переменная, которая может принимать значения фраз из естественного или искусственного языка.

Теория нечётких множеств (Заде) – это расширение классической теории множеств, используется в нечёткой логике. Впервые предложена Лотфи Аскер Заде в 1954 году [47-48].

В классической теории множеств принадлежность элементов множеству оценивается в бинарных терминах в соответствии с чётким условием – элемент либо принадлежит, либо нет данному множеству. Напротив, теория нечётких множеств разрешает градуированную оценку отношения принадлежности элементов множеству; то есть это отношение описывается при помощи функции принадлежности $\mu \rightarrow [0,1]$.

Нечёткие множества – это расширение классической теории множеств, поскольку на некотором множестве функция принадлежности может действовать так же, как индикаторная функция, отображая все элементы либо в 1, либо в 0, как в классическом варианте [49-51].

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Задача построения функций принадлежности ставится следующим образом: даны два множества: множество термов $L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ и универсальное множество $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$. Нечеткое множество l_j , которым описывается лингвистический терм l_j , $j = 1, \dots, m$, на универсальном множестве U представляется в виде: $\tilde{l}_j = (\frac{\mu_j(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_j(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_j(u_n)}{u_n})$. Необходимо определить степени принадлежности элементов множества U к элементам из множества L , т.е. найти $\mu_j(u_i)$ для всех $j = 1, \dots, m$ и $i = 1, \dots, n$.

Рассматриваются два метода построения функций принадлежности. Первый метод основан на статистической обработке мнений группы специалистов. Второй метод базируется на парных сравнениях, выполняемых одним экспертом [52-53].

Метод статистической обработки экспертной информации. Каждый специалист заполняет лист данных опроса (рисунок 3.1), в котором указывает свое мнение о наличии у элементов u_i , $i = 1, \dots, n$ свойств нечеткого множества l_j , $j = 1, \dots, m$.

	u_1	u_2	...	u_n
\tilde{l}_1				
\tilde{l}_2				
...				
\tilde{l}_m				

Рисунок 3.1 – Лист данных для обработки данных

Введем следующие обозначения: K – количество специалистов, $b_{j,i}^k$ – мнение k -го эксперта о наличии у элемента u_i свойств нечеткого множества l_j . Будем считать, что экспертные оценки бинарные, т.е.: $b_{j,i}^k \in \{0,1\}$, где 1 (0) указывает на наличие (отсутствие) у элемента u_i , свойств нечеткого множества l_j . По результатам

опроса специалистов, степени принадлежности нечеткому множеству $l_j, j = 1, \dots, m$ рассчитываются следующим образом:

$$\mu_{lj}(u_1) = \frac{1}{K} \sum_{k=1, \overline{K}} b_{j,i}^k. \quad (3.1)$$

В работе в качестве частных показателей принимаются следующие параметры:

- обороты двигателя, об/мин;
- температура охлаждающей жидкости, °С;
- показания датчика кислорода, В;
- давление во впускном коллекторе, кПа;
- угол опережения зажигания, град;
- коррекция смеси.

Обороты двигателя – это количество полных оборотов двигателя вокруг своей оси за единицу времени. На основе данного типа параметра, можно увидеть неисправность автомобиля (получение лишнего воздуха в цилиндры поршневой группы или неисправность датчиков). Также стоит уточнить, что на работающем автомобиле возможно получение данных с незначительной погрешностью [54]. Для выполнения последующих задач требуется составить опросные таблицы на основе экспертных оценок. В таблице 3.1 приведены экспертные оценки по показателю «Обороты двигателя». В таблице приведены оценки пяти экспертов по диапазонам изменения параметров и принадлежности этих диапазонов к термам: отлично и низко.

После обработки данных таблицы 3.1 получим результаты, приведенные в таблице 3.2. Здесь для каждой из терм и каждого диапазона приведено общее количество экспертных мнений по принадлежности, а также степени принадлежности, определённые по формуле 3.1.

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Таблица 3.1 – Результаты опроса мнений специалистов

	Термы	Диапазоны изменения параметра							
		[600;650]	[650;700]	[700;750]	[750;800]	[800;850]	[850;900]	[900;950]	[950;1000]
Эксперт1	Отлично	0	0	1	1	1	1	1	0
	Неуд.	1	1	0	0	0	0	0	1
Эксперт2	Отлично	0	0	0	1	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	1	0	0	0	1	1
Эксперт3	Отлично	0	0	0	1	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	0	0	1	1
Эксперт4	Отлично	0	0	1	1	1	1	1	0
	Неуд.	1	1	1	0	0	0	0	1
Эксперт5	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	1	0	0	0	1	1

Таблица 3.2 – Результаты обработки мнений экспертов

Термы	[600;650]	[650;700]	[700;750]	[750;800]	[800;850]	[850;900]	[900;950]	[950;1000]
Отлично	0	0	2	4	5	5	2	0
	0	0	0,4	0,8	1	1	0,4	0
Неуд.	5	5	3	0	0	0	3	5
	1	1	0,6	0	0	0	0,6	1

На основе полученных результатов построен график зависимостей числа голосов экспертов от степени их принадлежностей, приведенный на рисунке 3.2.

На рисунке 3.2 чёрной толстой линией представлен терм – «Отлично», прерывистая черная линия терм – «Неудовлетворительно».

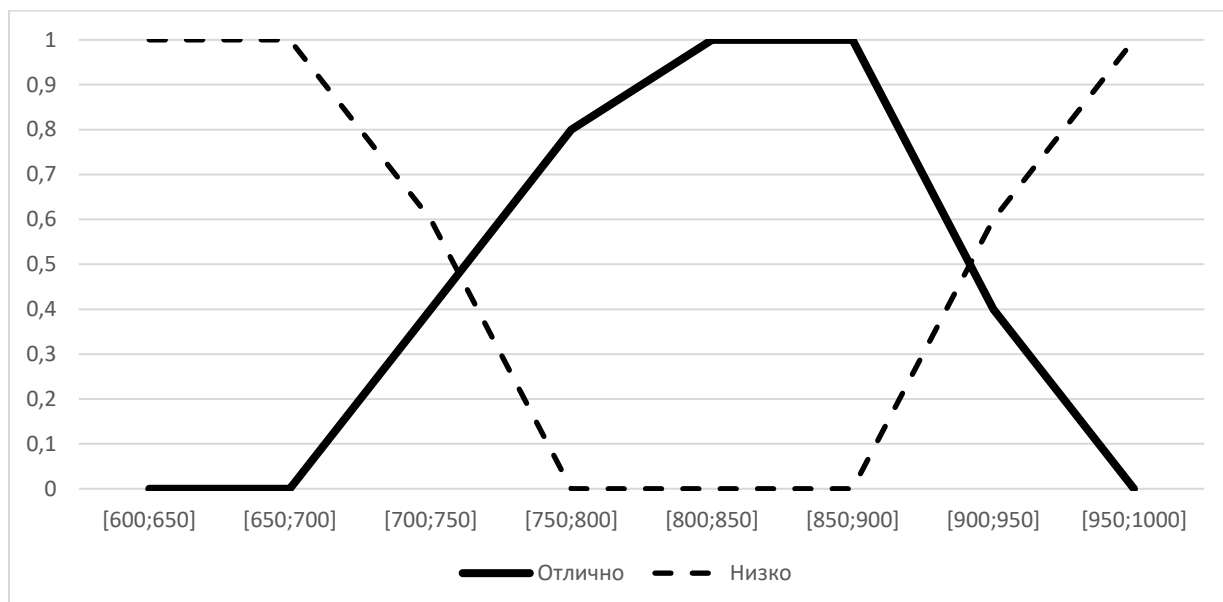


Рисунок 3.2 – Функции принадлежности нечетких множеств по параметру обороты двигателя

Рассмотрим параметр «Температура охлаждающей жидкости». Важным условием корректной работы двигателя является поддержание постоянной температуры двигателя. Одним из элементов системы охлаждения двигателя является радиатор, расположенный в передней части автомобиля [55]. При превышении нормативных значений температуры включается вентилятор двигателя. Неисправность этих элементов влечёт за собой перегревание двигателя внутреннего сгорания и выхода его из строя. Требуется контроль показаний датчика температуры, чтобы не было перегрева. При превышении допустимых значений температуры эксплуатация двигателя запрещена. В этой связи в работе значимость данного параметра принята высокой [56].

В таблице 3.3 приведены экспертные оценки по показателю «Температура охлаждающей жидкости». В таблице приведены оценки пяти экспертов по диапазонам изменения параметров и принадлежности этих диапазонов к термам: отлично и неудовлетворительно.

Таблица 3.3 – Результаты опроса экспертов

	Термы	Диапазоны изменения параметра								
		[70;75]	[75;80]	[80;85]	[85;90]	[90;95]	[95;100]	[100;105]	[105;110]	[110;115]
Эксперт1	Отлично	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Эксперт2	Отлично	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	Неуд.	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Эксперт3	Отлично	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Эксперт4	Отлично	0	0	0	1	1	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Эксперт5	Отлично	0	0	1	1	1	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	0	0	0	1	1

После обработки данных таблицы 3.3 получим результаты, приведенные в таблице 3.4. Здесь для каждой из термы и каждого диапазона приведено общее количество экспертных мнений по принадлежности, а также степени принадлежности, определённые по формуле 3.1.

Таблица 3.4 – Результаты обработки мнений экспертов

Термы	[70;75]	[75;80]	[80;85]	[85;90]	[90;95]	[95;100]	[100;105]	[105;110]	[110;115]
Отлично	0	0	1	5	5	5	3	0	0
	0	0	0,2	1	1	1	0,6	0	0
Неуд.	5	5	2	0	0	0	1	5	5
	1	1	0,4	0	0	0	0,2	1	1

На основе полученных результатов построен график зависимостей числа голосов экспертов от степени их принадлежностей, приведенный на рисунке 3.3.

На рисунке 3.3 чёрной толстой линией представлен терм – «Отлично», прерывистая черная линия терм – «Неудовлетворительно».

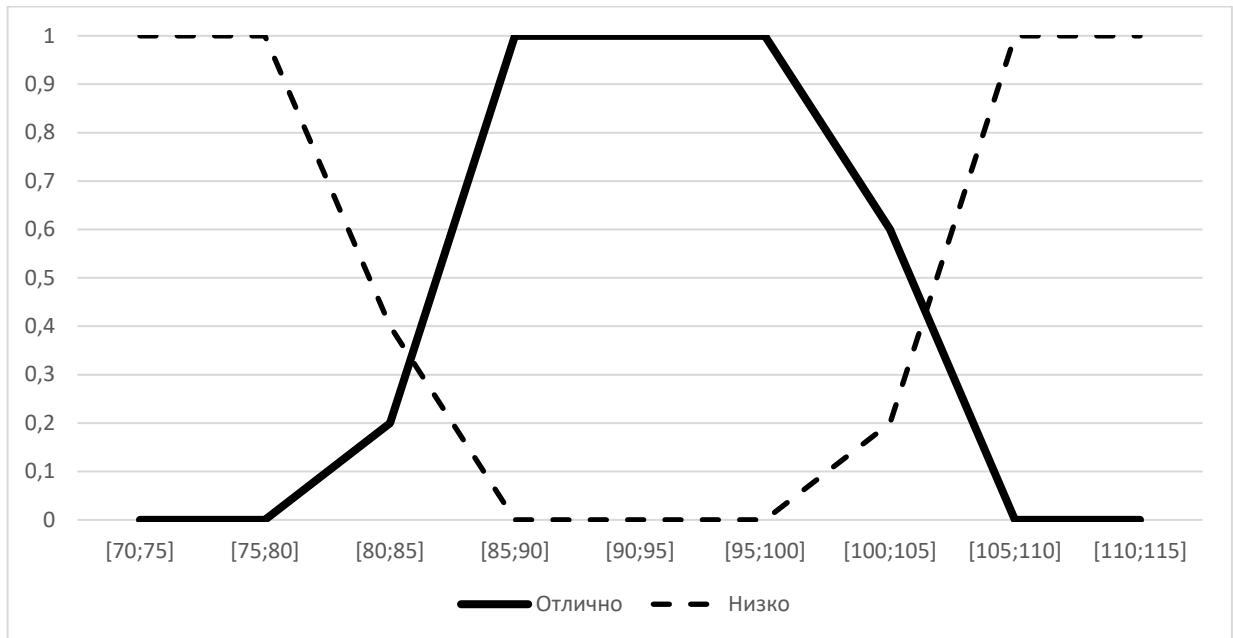


Рисунок 3.3 – Функции принадлежности нечетких множеств по параметру температура охлаждающей жидкости

Также необходимо учитывать экологические показатели, в частности, показания датчика кислорода. Датчик кислорода предназначен для измерения оставшегося кислорода в отработавших газах [57-58]. По данному параметру в диагностике можно определить текущее состояние работы катализатора. На современных автомобилях, как правило, установлено два датчика кислорода. Первый устанавливается до катализатора, а второй – после него. В случае расхождений данных требуется заменить элемент.

В таблице 3.5 приведены экспертные оценки по показателю «Датчик кислорода». В таблице приведены оценки пяти экспертов по диапазонам изменения параметров и принадлежности этих диапазонов к термам: отлично и неудовлетворительно.

После обработки данных таблицы 3.5 получим результаты, приведенные в таблице 3.6. Здесь для каждой из термы и каждого диапазона приведено общее количество экспертных мнений по принадлежности, а также степени принадлежности, определённые по формуле 3.1.

Таблица 3.5 – Результаты опроса экспертов

	Термы	Диапазоны изменения параметров					
		[0;0,2]	[0,2;0,4]	[0,4]	[0,4;0,6]	[0,6;0,8]	[0,8;1]
Эксперт1	Отлично	1	1	0	1	1	1
	Неуд.	0	0	1	0	0	0
Эксперт2	Отлично	1	1	0	1	1	1
	Неуд.	0	0	1	0	0	0
Эксперт3	Отлично	1	1	0	1	1	1
	Неуд.	0	0	1	0	0	0
Эксперт4	Отлично	1	1	0	1	1	1
	Неуд.	0	0	1	0	0	0
Эксперт5	Отлично	1	1	0	1	1	1
	Неуд.	0	0	1	0	0	0

Таблица 3.6 – Результаты обработки мнений экспертов

Термы	[0;0,2]	[0,2;0,4]	[0,4]	[0,4;0,6]	[0,6;0,8]	[0,8;1]
Отлично	5	5	0	5	5	5
	1	1	0	1	1	1
Неуд.	0	0	5	0	0	0
	0	0	1	0	0	0

На основе полученной таблицы, можем сделать вывод, что для эксперта главным условием неисправности датчика является значение, равное 0,4 В. В работе будем использовать данное условие. На рисунке 3.4 приведён график зависимостей числа голосов экспертов от степени их принадлежностей.

На рисунке 3.4 чёрной толстой линией представлен терм – «Отлично», а прерывистая черная линия терм – «Неудовлетворительно».

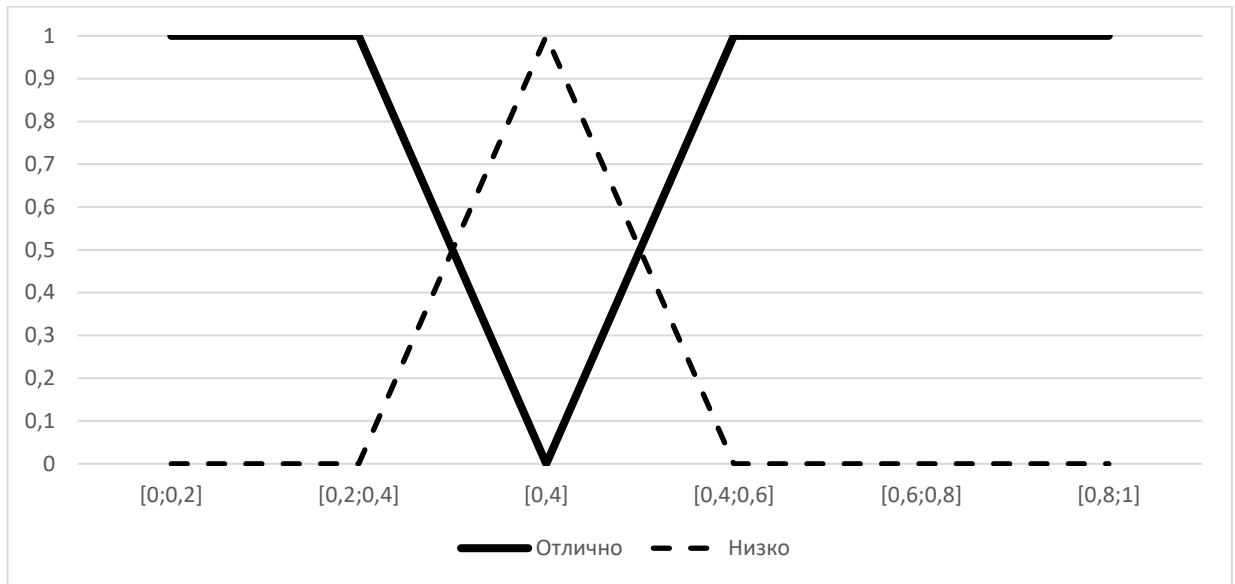


Рисунок 3.4 – Функции принадлежности нечетких множеств по показаниям датчика кислорода

Следующим параметром рассмотрим давление во впускном коллекторе. Данный параметр используется блоком управления двигателя для расчёта нагрузки двигателя. ЭБУ использует этот входной сигнал вместе с несколькими другими для расчета правильного количества топлива для впрыска в цилиндры [59-60].

В таблице 3.7 приведены экспертные оценки по показателю «Давление во впускном коллекторе». В таблице приведены оценки пяти экспертов по диапазонам изменения параметров и принадлежности этих диапазонов к термам: отлично и неудовлетворительно.

После обработки данных таблицы 3.7 получим результаты, приведенные в таблице 3.8. Здесь для каждой из терм и каждого диапазона приведено общее количество экспертных мнений по принадлежности, а также степени принадлежности, определённые по формуле 3.1.

Таблица 3.7 – Результаты опроса экспертов

	Термы	Диапазоны изменения параметра					
		[20;25]	[25;30]	[30;35]	[35;40]	[40;45]	[45;50]
Эксперт1	Отлично	0	0	1	0	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	1	1
Эксперт2	Отлично	0	0	1	0	0	0
	Неуд.	1	1	0	1	1	1
Эксперт3	Отлично	0	0	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	1	1
Эксперт4	Отлично	0	0	0	0	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	1	1
Эксперт5	Отлично	0	0	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	1	1

Таблица 3.8 – Результаты обработки мнений экспертов

Термы	[20;25]	[25;30]	[30;35]	[35;40]	[40;45]	[45;50]
Отлично	0	0	4	2	0	0
	0	0	1	0,5	0	0
Неуд.	5	5	0	1	5	5
	1	1	0	0,2	1	1

На основе полученных результатов построен график зависимостей числа голосов экспертов от степени их принадлежностей, приведенный на рисунке 3.5.

На рисунке 3.5 чёрной толстой линией представлен терм – «Отлично», а прерывистая черная линия терм – «Неудовлетворительно».

Следующим параметром рассмотрим угол опережения зажигания. Данный параметр обозначает степень приближения поршня к самой верхней мертвой точке двигателя. При неисправности двигатель будет работать неустойчиво. На современных инжекторных автомобилях данный параметр регулируется электронным блоком управления [61-62].

В таблице 3.9 приведены экспертные оценки по показателю «Угол опережения зажигания». В таблице приведены оценки пяти экспертов по

диапазонам изменения параметров и принадлежности этих диапазонов к термам: отлично, хорошо и неудовлетворительно.

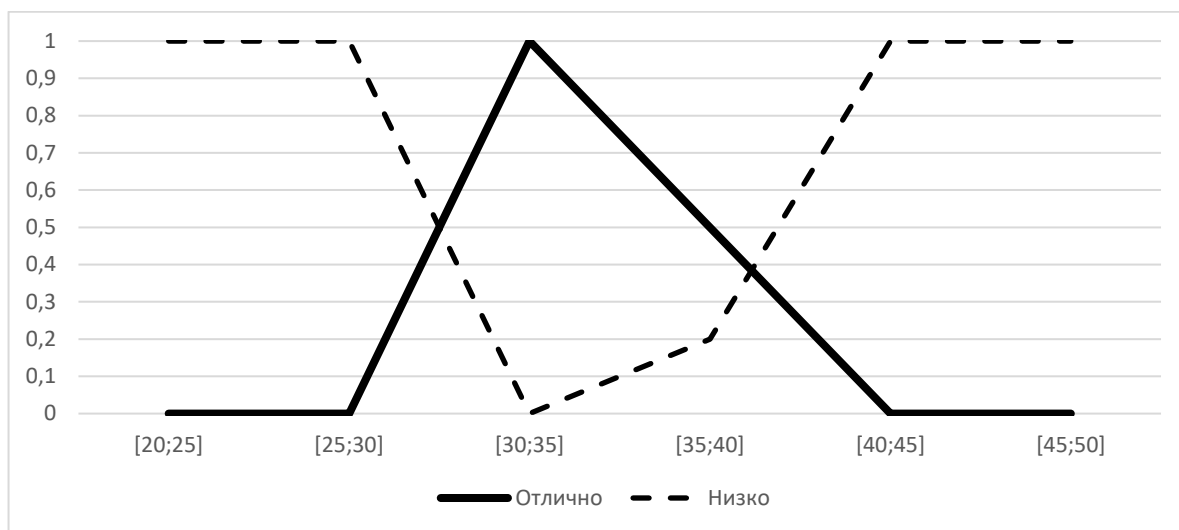


Рисунок 3.5 – Функции принадлежности нечетких множеств по параметру давление во впускном коллекторе

Таблица 3.9 – Результаты опроса экспертов

	Термы	Диапазоны изменения параметра									
		[-10;-8]	[-8;-6]	[-6;-4]	[-4;-2]	[-2;0]	[0;2]	[2;4]	[4;6]	[6;8]	[8;10]
Эксперт1	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	Неуд.	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Эксперт2	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	Неуд.	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Эксперт3	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	Неуд.	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Эксперт4	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Эксперт5	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
	Неуд.	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1

После обработки данных таблицы 3.9 получим результаты, приведенные в таблице 3.10. Здесь для каждой из термы и каждого диапазона приведено общее количество экспертных мнений по принадлежности, а также степени принадлежности, определённые по формуле 3.1.

Таблица 3.10 – Результаты обработки мнений экспертов

Термы	[-10;-8]	[-8;-6]	[-6;-4]	[-4;-2]	[-2;0]	[0;2]	[2;4]	[4;6]	[6;8]	[8;10]
Отлично	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Хорошо	0	0	2	5	0	0	5	2	0	0
	0	0	0,4	1	0	0	1	0,4	0	0
Неуд.	5	5	3	0	0	0	0	3	5	5
	1	1	0,6	0	0	0	0	0,6	1	1

На основе полученных результатов построен график зависимостей числа голосов экспертов от степени их принадлежностей, приведенный на рисунке 3.6.

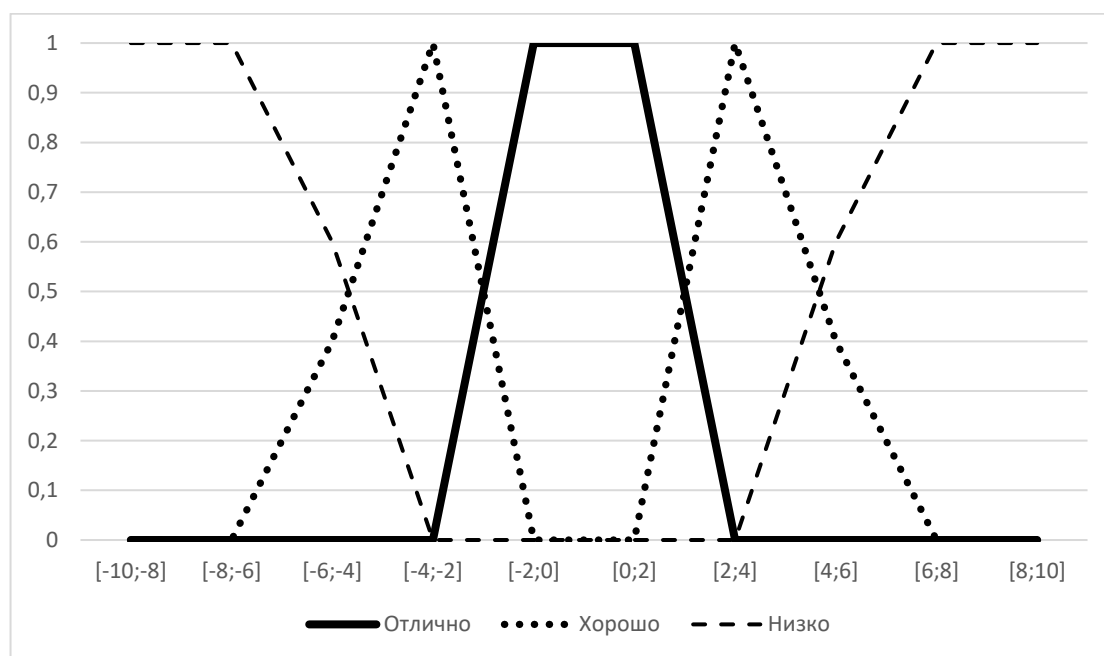


Рисунок 3.6 – Функции принадлежности нечетких по значению угла опережения зажигания

На рисунке 3.6 чёрной толстой линией представлен терм – «Отлично», черной точечной линией терм – «Хорошо», а прерывистая черная линия терм – «Неудовлетворительно».

Следующим параметром рассмотрим коррекцию топливной смеси.

В таблице 3.11 приведены экспертные оценки по показателю «Коррекция смеси». В таблице приведены оценки пяти экспертов по диапазонам изменения параметров и принадлежности этих диапазонов к термам: отлично, хорошо и неудовлетворительно.

Таблица 3.11 – Результаты опроса экспертов

	Термы	Диапазоны изменения параметра									
		[-10;-8]	[-8;-6]	[-6;-4]	[-4;-2]	[-2;0]	[0;2]	[2;4]	[4;6]	[6;8]	[8;10]
Эксперт1	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	Низко	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Эксперт2	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	Низко	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Эксперт3	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	Низко	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Эксперт4	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
	Низко	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Эксперт5	Отлично	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Хорошо	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
	Низко	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1

После обработки данных таблицы 3.11 получим результаты, приведенные в таблице 3.12. Здесь для каждой из термы и каждого диапазона приведено общее количество экспертных мнений по принадлежности, а также степени принадлежности, определённые по формуле 3.1.

Таблица 3.12 – Результаты обработки мнений экспертов

термы	[-10;-8]	[-8;-6]	[-6;-4]	[-4;-2]	[-2;0]	[0;2]	[2;4]	[4;6]	[6;8]	[8;10]
Отлично	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Хорошо	0	0	2	5	0	0	5	2	0	0
	0	0	0,4	1	0	0	1	0,4	0	0
Низко	5	5	3	0	0	0	0	3	5	5
	1	1	0,6	0	0	0	0	0,6	1	1

На основе полученных результатов построен график зависимостей числа голосов экспертов от степени их принадлежностей, приведенный на рисунке 3.7.

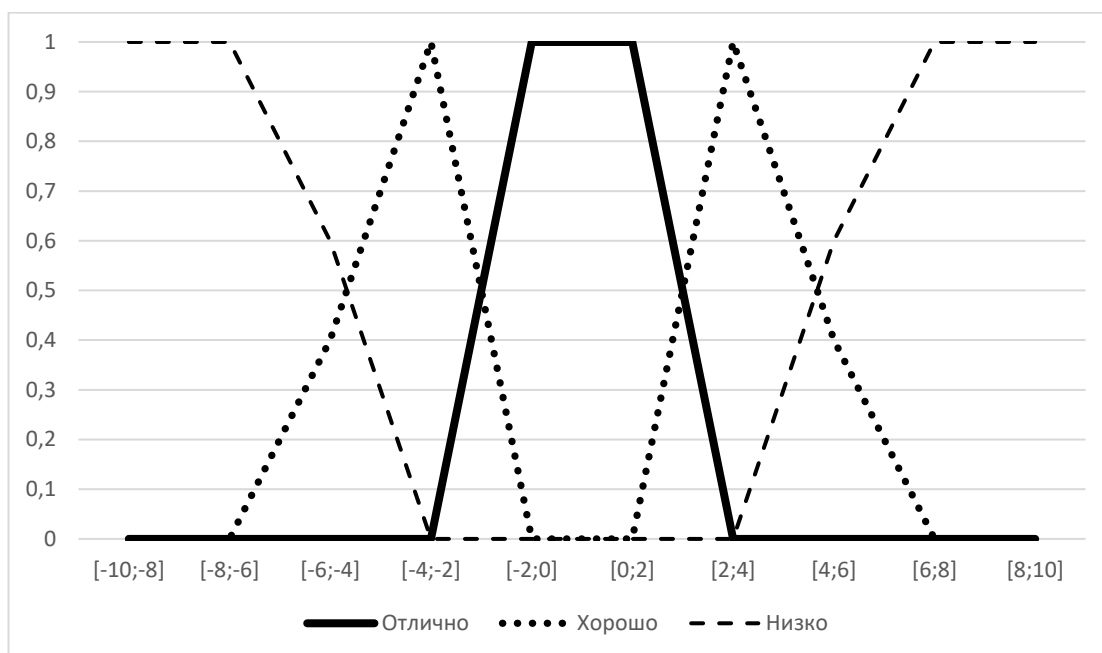


Рисунок 3.7 – Функции принадлежности нечетких множеств угла опережения зажигания

На рисунке 3.7 чёрной толстой линией представлен терм – «отлично», черной точечной линией терм – «хорошо», а прерывистая черная линия терм – «низко».

На основе рассмотренных выше частных показателей с учётом их значимости формируется обобщённая оценка по следующему правилу. При

нахождении значений оборотов двигателя и температуры охлаждающей жидкости вне допустимых границ значения обобщённой оценки определяется как «Неудовлетворительно». При нахождении значений указанных параметров в допустимых границах обобщенная оценка определяется как сумма частных показателей с учётом их значимости. В таблице 3.13 приведены веса, определяющие значимость каждого показателя. Чем больше вес, тем выше значимость. Сумма всех весов должна быть равна единице [63-64].

Таблица 3.13 – Формирование обобщённой оценки

№п/п	Наименование параметра	Вес
1	Обороты двигателя	0,25
2	Температура охлаждающей жидкости	0,25
3	Датчик кислорода до катализатора	0,10
4	Датчик кислорода после катализатора	0,10
5	Давление во впускном коллекторе	0,10
6	Угол опережения зажигания	0,10
7	Коррекция смеси	0,10

3.2 Алгоритмическое обеспечение

На рисунке 3.8 приведён алгоритм работы определения частных показателей.

На рисунке 3.9 приведён алгоритм работы программного обеспечения в целом.

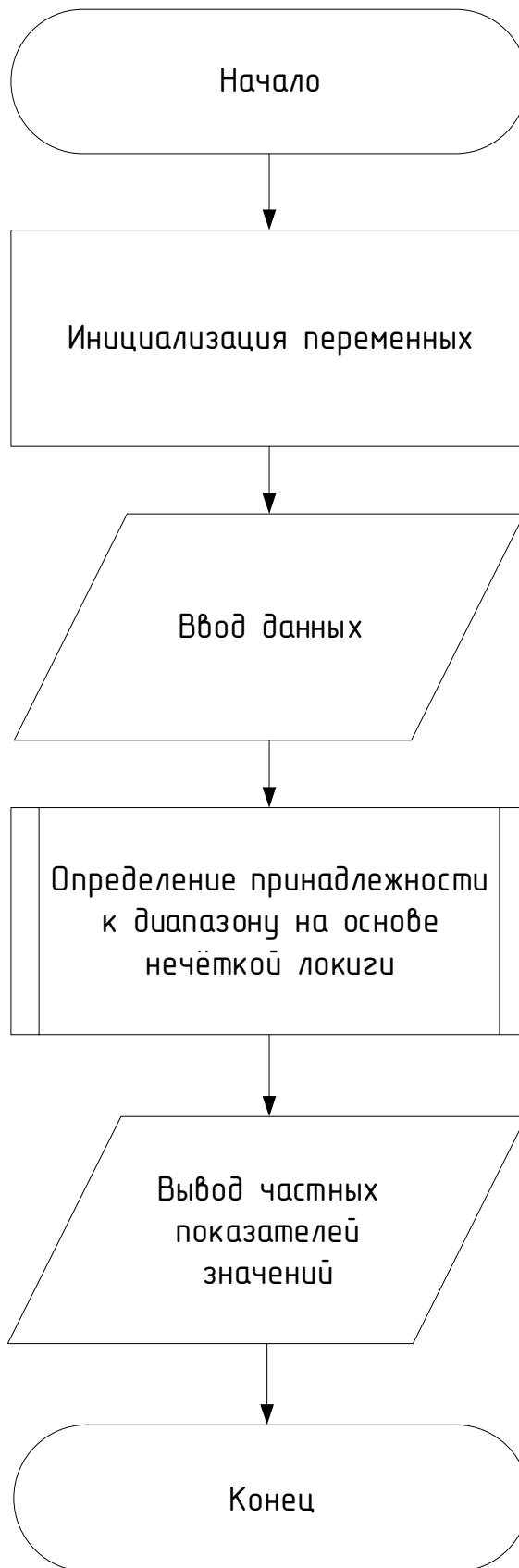


Рисунок 3.8 – Определение частных показателей

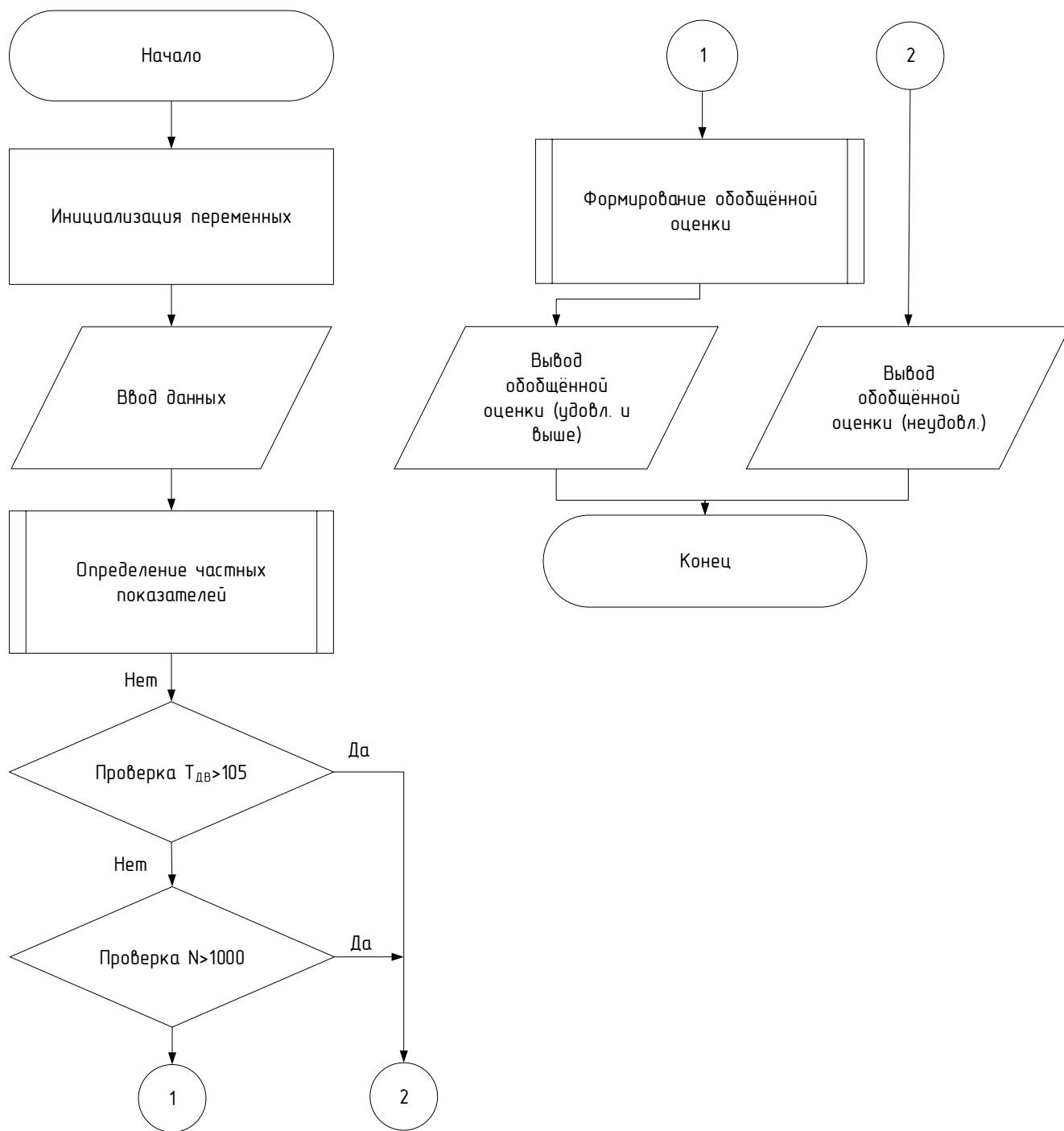


Рисунок 3.9 – Алгоритм работы программного обеспечения

На основе алгоритмического обеспечения разработано программное обеспечение. Описание среды разработки программного обеспечения приведено в п. 3.3.

3.3 Среда разработки

Программное обеспечение включает 2 основных модуля:

- расчётный модуль;
- модуль визуализации.

Расчётный модуль реализован в среде R-Studio на языке программирования R.

R – язык программирования для статистической обработки данных, разработанная учеными Россом Ихакой и Робертом Гентлеманом (1996, J.Comput. Граф. Stat., 5: 299-314). Особенности языка программирования R являются [65-66]:

- эффективная обработка данных и простые средства для сохранения результатов;
- набор операторов для обработки массивов, матриц и других сложных конструкций;
- большая последовательная интегрированная коллекция инструментальных средств для проведения статистического анализа;
- многочисленные графические средства;
- возможность расширения. Пользователь может написать функции и предоставить их для использования всем желающим. Группы функций часто объединяются в пакеты, которые устанавливаются на компьютер пользователя и полностью становятся частью системы «R». Таким образом, каждый исследователь может подобрать себе такую конфигурацию «R», которая нужна ему для работы [67].

Для использования нечёткой логики в R-Studio, требуется подключить дополнительную библиотеку «FuzzyR» (Fuzzy Logic Toolkit for R). Данное дополнение используется для проектирования и моделирования систем нечеткой логики.

Для импортирования данных в рабочую среду R используется функция read.csv().

Необходимые управляющие аргументы функции `read.table()`:

– `sep` (`separator` – разделитель), служит для указания, используемого в файле разделителя значений переменных. По умолчанию предполагается, что значения переменных разделены «пустым пространством», например, в виде пробела или знака табуляции (`sep = ""`). В файлах формата `csv` значения переменных разделены запятыми, и поэтому для них `sep = ","`;

– `dec`, служит для указания знака, используемого в файле для отделения целой части числа от дроби. По умолчанию `sep = "."`. Однако во многих странах в качестве десятичного знака применяют запятую, о чем важно вспомнить перед загрузкой файла и, при необходимости, использовать `dec = ","`.

На рисунке 3.10 приведена команда для загрузки табличных данных с текстового формата с наименованием `idealdate.csv` в текущее рабочее пространство командой строки `read.csv`.

```
test<-read.csv('idealdate.csv', sep = ";", dec = ",")
```

Рисунок 3.10 – Команда для загрузки данных

На рисунке 3.11 приведена команда, для импорта загруженных ранее данных, с указанием столбца таблицы.

```
rmp<-test[[1]]
```

Рисунок 3.11 – Команда для импорта столбца таблицы

Для определения частных оценок требуется вычислить среднее значение величины. Команда для выполнения данной операции в среде программирования R-Studio приведена на рисунке 3.12.

```
r<-(sum(rmp))/(length(rmp))
```

Рисунок 3.12 – Команда для частной оценки

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Создание объекта программирования выполняется с помощью команды `newfis` (см. рисунок 3.13).

```
fis <- newfis('tipper')
```

Рисунок 3.13 – Создание файлов с использованием новой функции

С использованием функции `addvar` добавляем входную или выходную переменную к объекту (см. рисунок 3.14).

```
fis <- newfis('tipper')
fis <- addvar(fis, 'input', 'rpm', c(0, 1000)) #обороты двигателя
fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'excellent', 'trapmf', c(700,800,850,950))
fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'bad', 'trapmf', c(0,0,600,750))
fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'bad', 'trapmf', c(850,950,1000,1000))
```

Рисунок 3.14 – Создание переменной функции принадлежности

Для добавления функции принадлежности выполним команду `addmf` (см. рисунок 3.14). Необходимые управляющие аргументы функции `addmf(fis, varType, varIndex, mfName, mfType, mfParams)`, где `fis` – представление `fis` структуры; `varType` – имеющий выбор входного «input» значения переменной или «output», к которой будет добавлена функция принадлежности; `varIndex` – порядковый номер входной/выходной переменной; `mfName` – объявление имени функции членства принадлежности (например, отлично, хорошо); `mfType` – тип функции членства; `mfParams` – диапазон значений переменных.

Для добавления правила к объекту файла требуется воспользоваться командой `addrule(fis, ruleList)` (см. рисунок 3.15). Аргументами функции являются `fis` – представление `fis` структуры, `ruleList` – создание общих правил для всех функций принадлежности.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	270304.2020.403 ПЗ				45

```

ruleList <- rbind (c(1,1,1,1,1,1,1,1,2,2),c(1,1,2,2,1,1,1,1,2,2),c(1,1,1,2,1,1,1,1,2,2),c(1,1,2,1,1,1,1,1,2,2)
,c(1,1,2,2,1,3,3,2,1,2),c(1,1,2,2,1,2,2,2,1,2),c(1,1,2,2,1,3,2,2,1,2),c(1,1,2,2,1,2,3,2,1,2)
,c(1,1,1,1,1,3,3,2,1,2),c(1,1,1,1,1,2,2,2,1,2),c(1,1,1,1,1,3,2,2,1,2),c(1,1,1,1,1,2,3,2,1,2)
,c(3,3,3,3,3,5,5,3,1,2),c(3,3,3,3,3,4,4,3,1,2),c(3,3,3,3,3,5,4,3,1,2),c(3,3,3,3,3,4,5,3,1,2)
,c(2,2,3,3,3,5,5,3,1,2),c(2,2,3,3,3,4,4,3,1,2),c(2,2,3,3,3,5,4,3,1,2),c(2,2,3,3,3,4,5,3,1,2)
,c(3,3,3,3,2,5,5,3,1,2),c(3,3,3,3,2,4,4,3,1,2),c(3,3,3,3,2,5,4,3,1,2),c(3,3,3,3,2,4,5,3,1,2)
,c(2,2,3,3,2,5,5,3,1,2),c(2,2,3,3,2,4,4,3,1,2),c(2,2,3,3,2,5,4,3,1,2),c(2,2,3,3,2,4,5,3,1,2)
,c(2,3,3,3,3,5,5,3,1,2),c(3,2,3,3,3,4,4,3,1,2),c(2,3,3,3,3,5,4,3,1,2),c(3,2,3,3,3,4,5,3,1,2)
,c(2,3,3,3,3,5,5,3,1,2),c(3,2,3,3,3,4,4,3,1,2),c(2,3,3,3,3,5,4,3,1,2),c(3,2,3,3,3,4,5,3,1,2)
,c(3,2,3,3,2,5,5,3,1,2),c(2,3,3,3,2,4,4,3,1,2),c(3,2,3,3,2,5,4,3,1,2),c(2,3,3,3,2,4,5,3,1,2)
,c(3,2,3,3,2,5,5,3,1,2),c(2,3,3,3,2,4,4,3,1,2),c(3,2,3,3,2,5,4,3,1,2),c(2,3,3,3,2,4,5,3,1,2)
,c(3,3,0,0,0,0,0,4,1,1),c(2,2,0,0,0,0,0,4,1,1),c(3,2,0,0,0,0,0,4,1,1),c(2,3,0,0,0,0,0,4,1,1))
fis <- addrule(fis, ruleList)

```

Рисунок 3.15 – Добавление правил к функциям принадлежности

Для просмотра функции принадлежности, воспользуемся командой `plotmf(fis, varType varIndex)`, где `fis` – представление `fis` структуры, `varType` – имеющий выбор входного «input» значения переменной или «output», к которой будет добавлена функция принадлежности; `varIndex` – порядковый номер входной/выходной переменной [68].

На рисунке 3.16 в качестве примера представлена функция принадлежности для всех входных и выходных переменных для параметра «обороты двигателя».

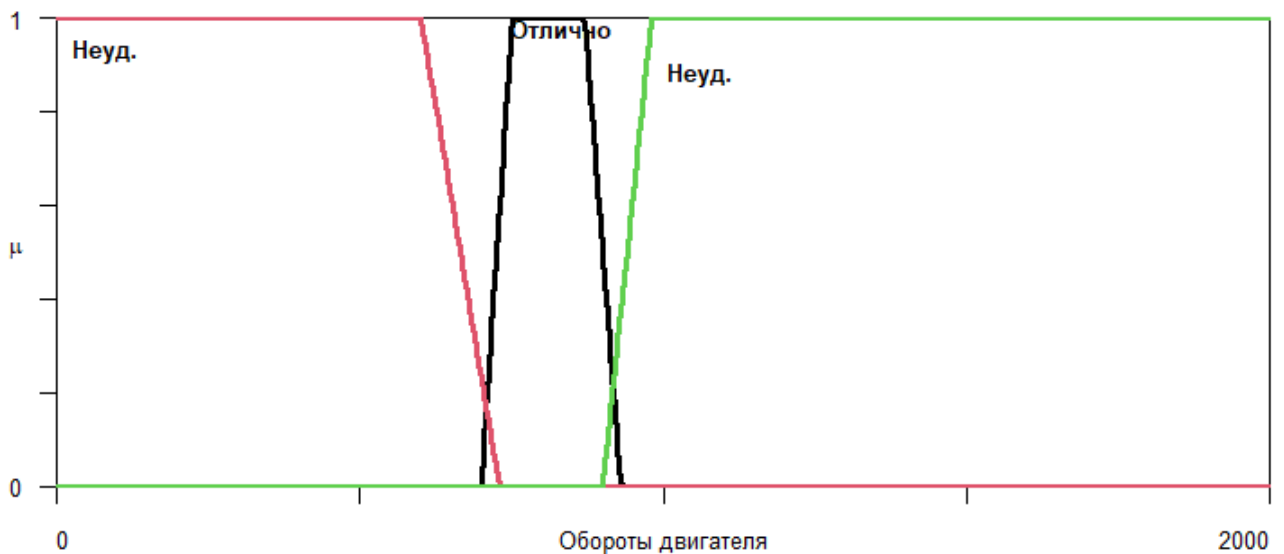


Рисунок 3.16 – Функция принадлежности оборотов двигателя в RStudio

Модуль визуализации разработан в среде программирования Microsoft Visual Studio на языке программирования C#. Данное решение выполнено в связи рядом преимуществ: удобная реализация и высокая скорость отладки [69-70].

Листинги расчетного модуля и модуля визуализации представлены в приложение А.

3.4 Описание программного обеспечения

Рассмотрим окна и функционал разработанного программного обеспечения.

На рисунке 3.17 представлено окно авторизации оператора.

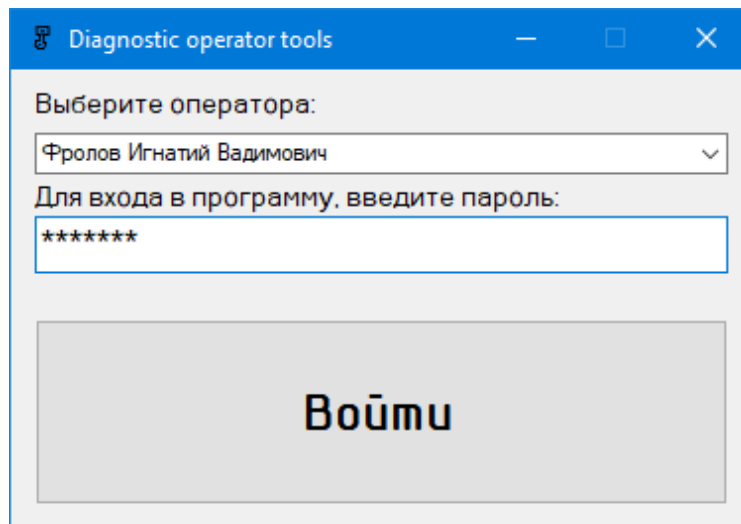


Рисунок 3.17 – Окно авторизации

В окне авторизации требуется выбрать из выпадающего списка логин оператора, проводящего анализ диагностических данных автомобиля и ввести пароль (см. рисунок 3.18). Кнопка «Войти» станет активной при успешной авторизации оператора.

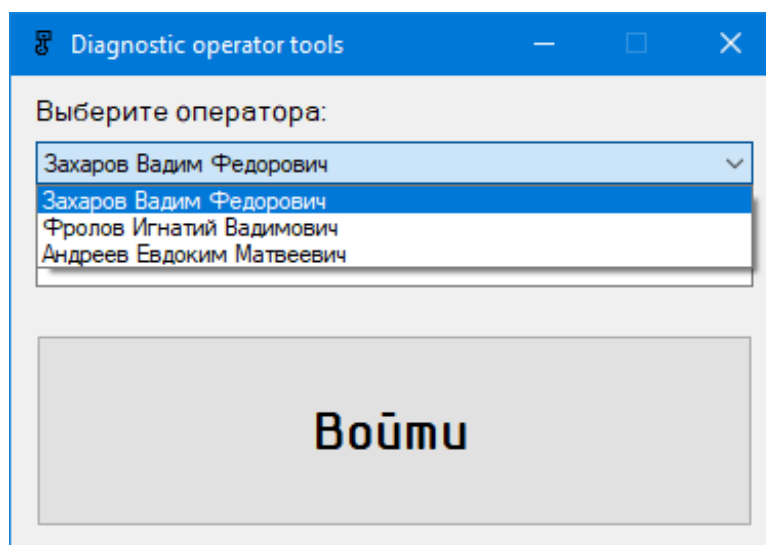


Рисунок 3.18 – Выбор оператора

На рисунке 3.19 представлено главное окно программы.

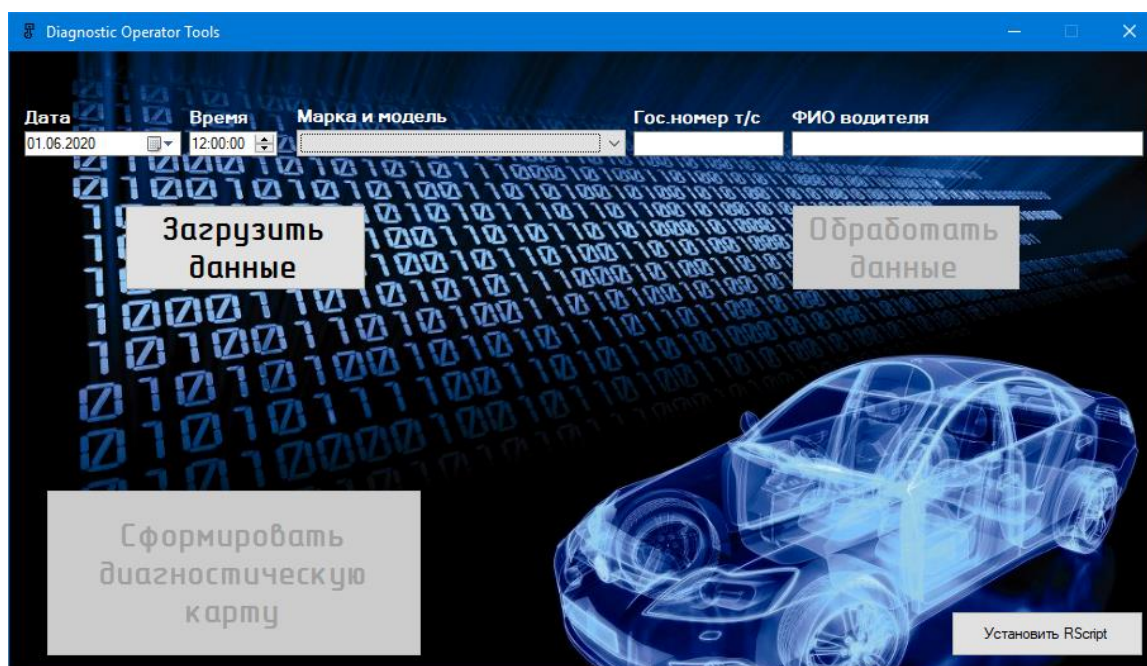


Рисунок 3.19 – Главное окно программы

Для проведения вычислений на основе расчетного модуля необходимо установить RScript. Если на компьютере не установлен RScript, то кнопка «Обработать данные» для запуска расчетного модуля будет неактивной. При нажатии на кнопку «Установить RScript» создаётся новая папка (если ранее не была создана), в которую устанавливается расчетный модуль.

На главном окне последовательно нужно выбрать дату и время снятия диагностических данных, марку и модель, государственный номер исследуемого транспортного средства, фамилию, имя, отчество водителя, проводившего снятие диагностических параметров.

Для загрузки данных необходимо нажать на кнопку «Загрузить данные». При этом открывается стандартное окно, приведённое на рисунке 3.20.

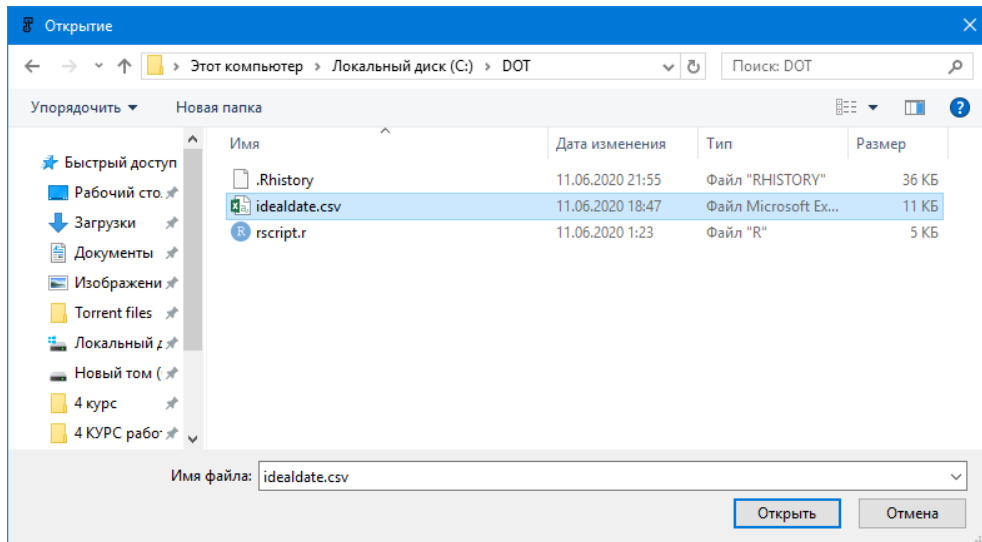


Рисунок 3.20 – Окно выбора файла

По умолчанию открывается главная папка для программы. В окне требуется выбрать файл в формате «.csv». После открытия файла становится активной кнопка «Обработать данные», нажатием на которую проводится расчет обобщенной оценки на основе загруженных данных. На рисунке 3.21 представлено главное окно с выбранными параметрами и сформированной обобщённой оценкой.

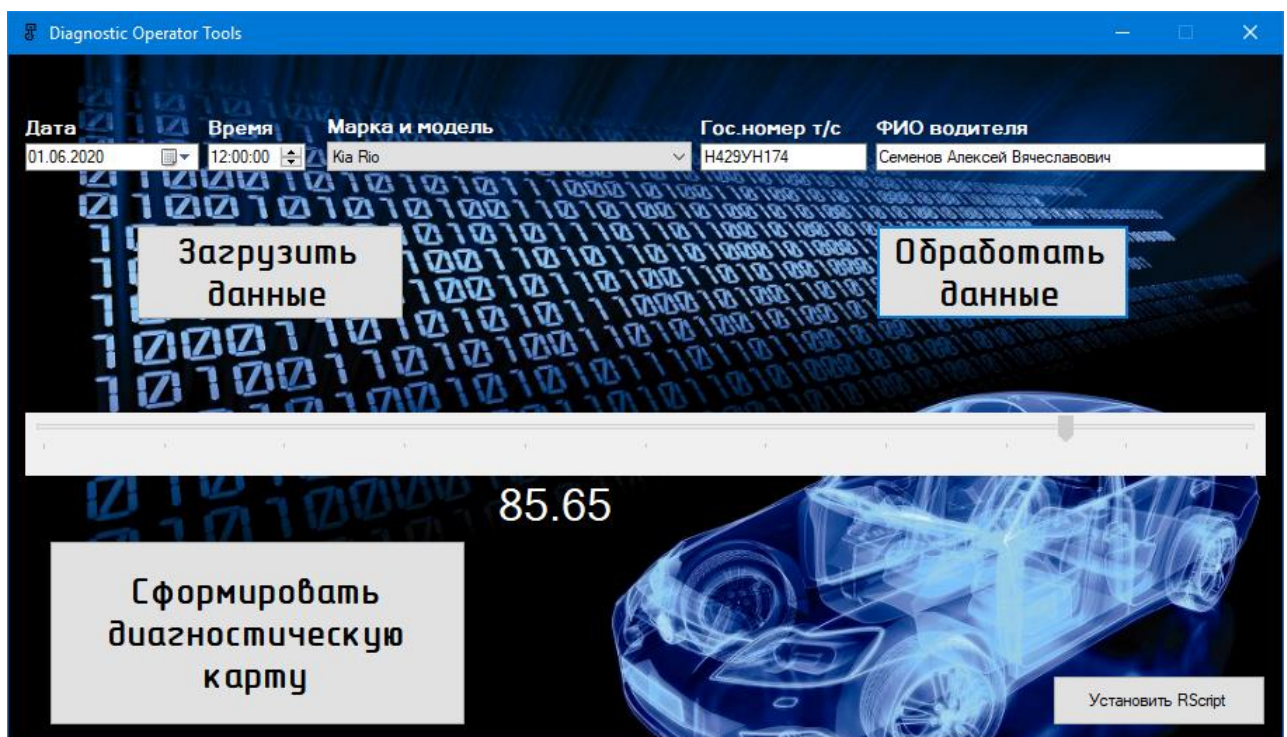


Рисунок 3.21 – Главное окно приложения с выбранными параметрами

С использованием обобщенной оценки можно сделать вывод техническом состоянии автомобиля в целом:

– 0-50% – неудовлетворительное состояние. Передвижения данного транспортного средства невозможно;

– 50-75% – удовлетворительное состояние. Возможна эксплуатация транспортного средства до сервисного центра для проведения углублённой диагностики;

– 75-85% – хорошее состояние. Техническое состояние транспортного средства позволяет передвигаться в нормальном режиме;

– 85-100% – отличное состояние. Все исследуемые диагностические параметры работают без нареканий.

Для формирования и просмотра диагностической карты транспортного средства необходимо нажать кнопку «Сформировать диагностическую карту». При этом открывается окно диагностической карты транспортного средства (см. рисунок 3.22).

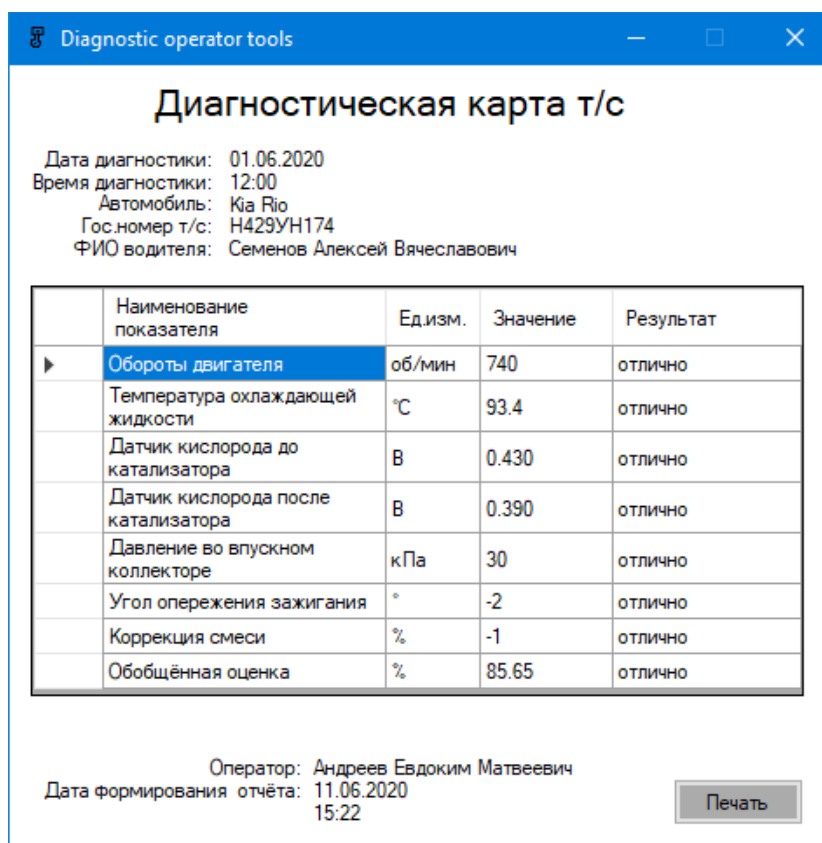


Рисунок 3.22 – Окно диагностической карты т/с

В диагностической карте представлено общее описание автомобиля и ранее выбранных параметров. В таблице представлено наименование всех показателей, единицы их измерения, значения всех диагностируемых параметров и результат исследования. Внизу приведены данные оператора, ответственного за проведения диагностического анализа системы и дата формирования. При нажатии на кнопку «Печать» нужно выбрать наименование принтера из списка доступных и подтвердить печать. В настоящее время предусмотрено хранение диагностических карт в виде печатного документа. В дальнейшем предусмотрена разработка базы данных для хранения данных и последующего анализа динамики изменения технического состояния транспортного средства.

В данном разделе приведено методическое, алгоритмическое и программное обеспечение. В работе предложен метод обобщенной оценки технического состояния автомобиля на основе частных показателей с учётом их значимости. Формирование обобщенной оценки осуществляется с использованием нечеткой логики. Программное обеспечение включает два модуля: расчётный модуль и модуль визуализации. Расчётный модуль реализован в среде R-Studio на языке программирования R. Модуль визуализации разработан в среде программирования Microsoft Visual Studio на языке программирования C#. Приведено описание оконных форм и функционала разработанного программного обеспечения.

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	270304.2020.403 ПЗ				

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования разработанного программного обеспечения проведены на основе фактических данных диагностики автомобилей.

Рассмотрим формирование обобщённой оценки на примере автомобиля Kia Rio.

Параметры автомобиля:

- марка, модель Kia Rio;
- год выпуска 2015;
- модель двигателя G4FA;
- мощность двигателя 107 л.с.

Отзыв владельца: неисправности отсутствуют, техническое состояние отличное.

На рисунке 4.1 представлено окно мобильного приложения, с использованием которого приведено считывания значений диагностических параметров указанного автомобиля.

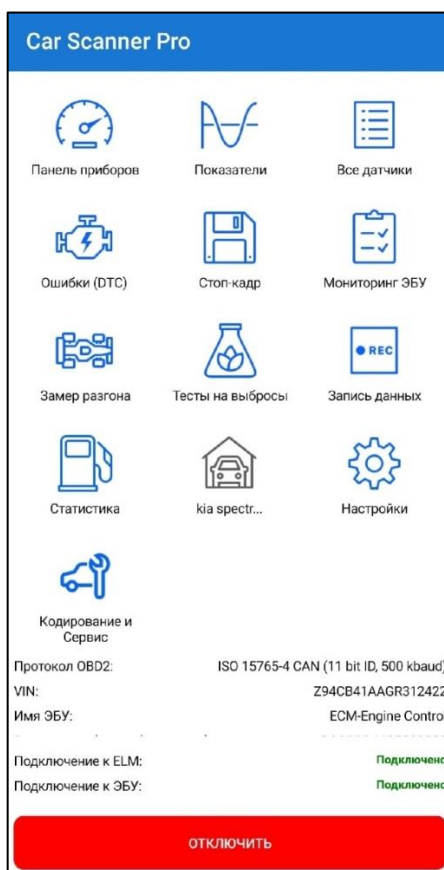


Рисунок 4.1 – Окно мобильного приложения

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

270304.2020.403 ПЗ

На рисунке 4.2 представлено окно с выбранными параметрами для диагностики транспортного средства и их значениями.



Рисунок 4.2 – Окно мобильного приложения

Все представленные параметры записываются в файл данных с разрешением «.csv». Полученный файл отправляется по сети Интернет оператору диагностического комплекса.

На рисунках 4.3-4.9 соответственно приведены тренды фактических данных диагностики указанного автомобиля:

- обороты двигателя, об/мин;
- температура охлаждающей жидкости;
- датчик кислорода;
- давление во впускном коллекторе;
- угол опережение зажигания;
- коррекция смеси.

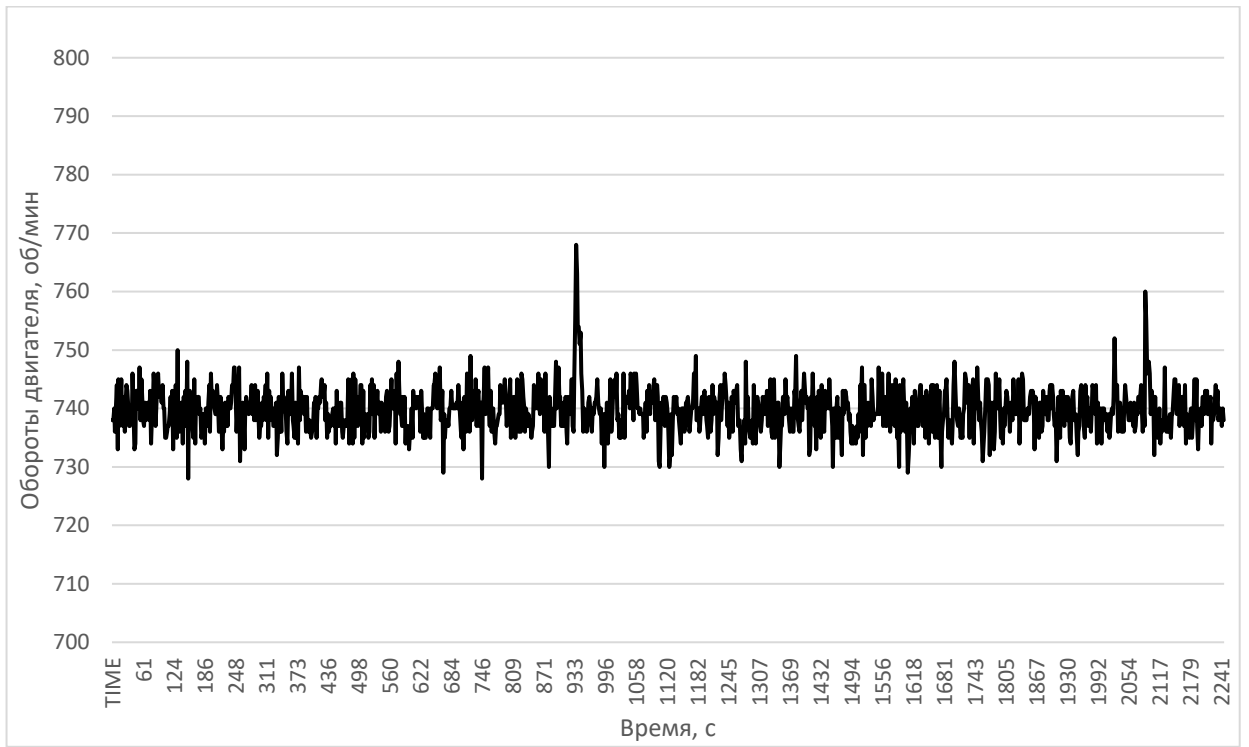


Рисунок 4.3 – Тренд по оборотам двигателя

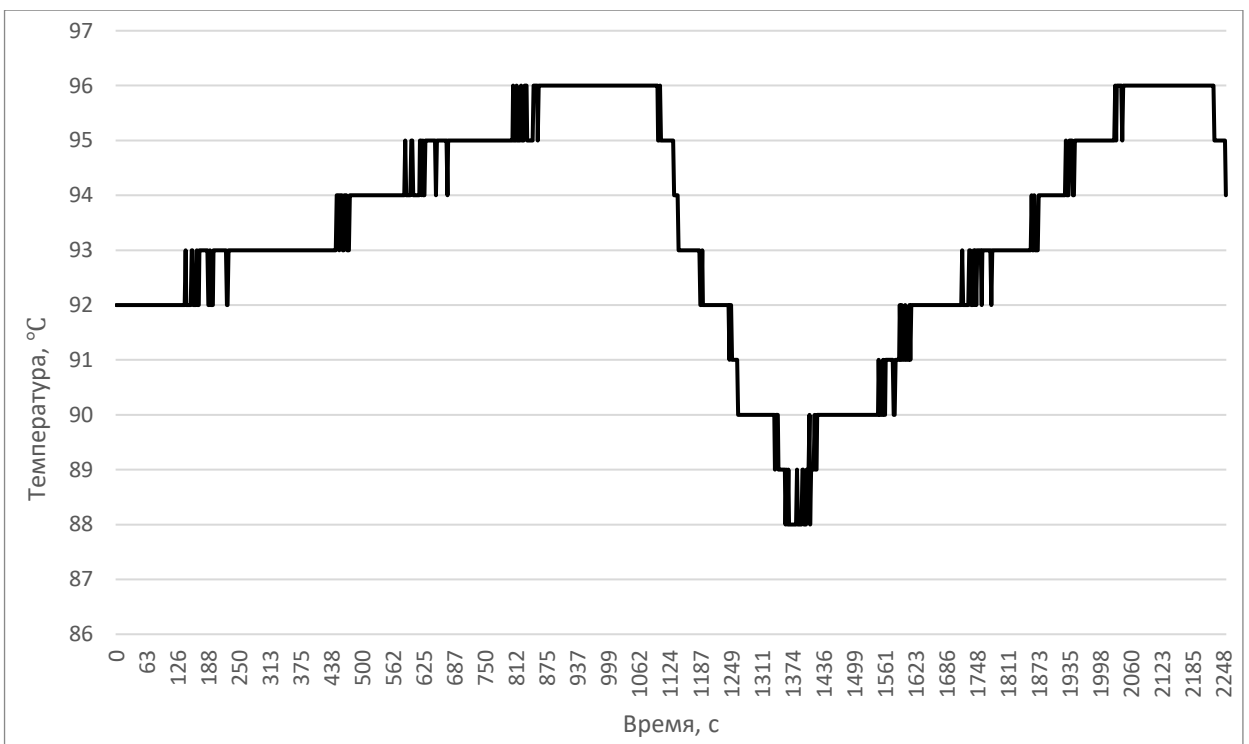


Рисунок 4.4 – Тренд по температуры охлаждающей жидкости

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

270304.2020.403 ПЗ

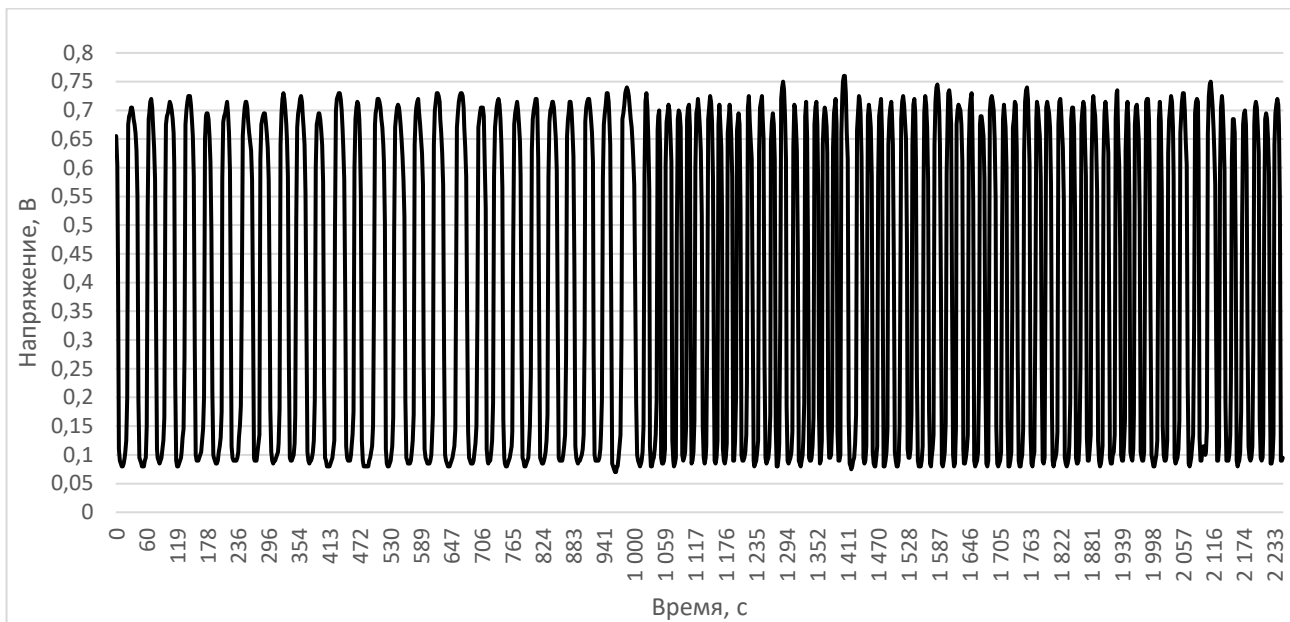


Рисунок 4.5 – Тренд по первому датчику кислорода

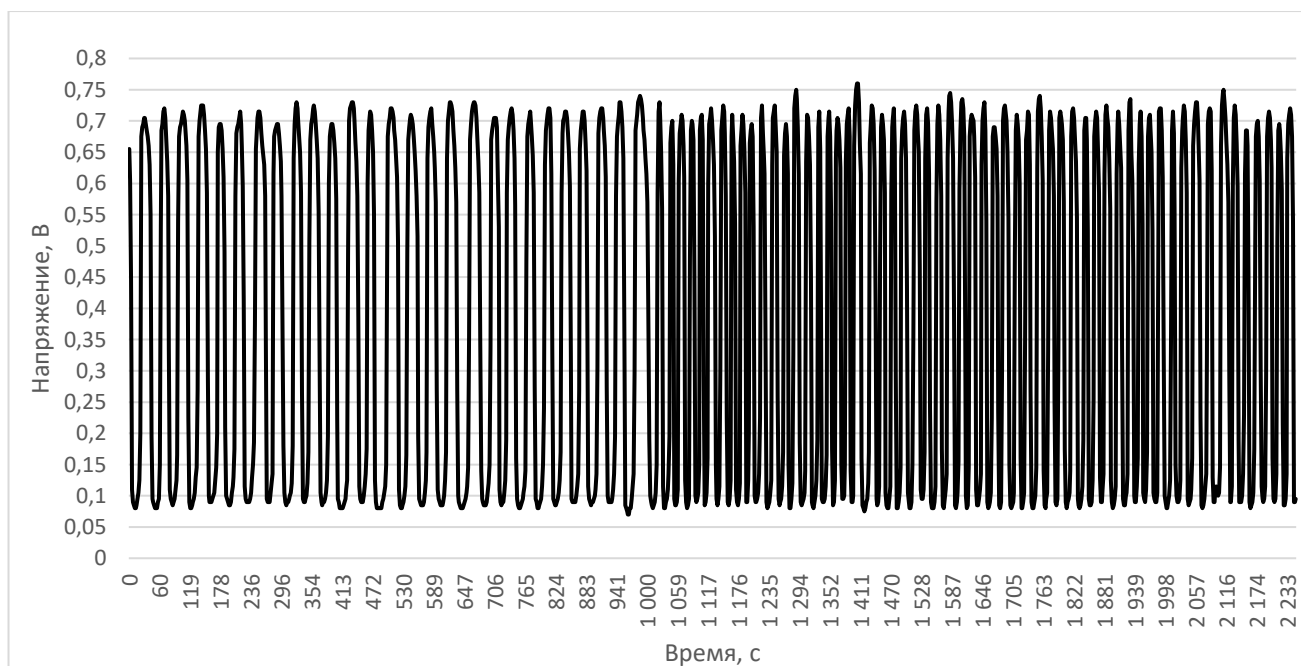


Рисунок 4.6 – Тренд по второму датчику кислорода

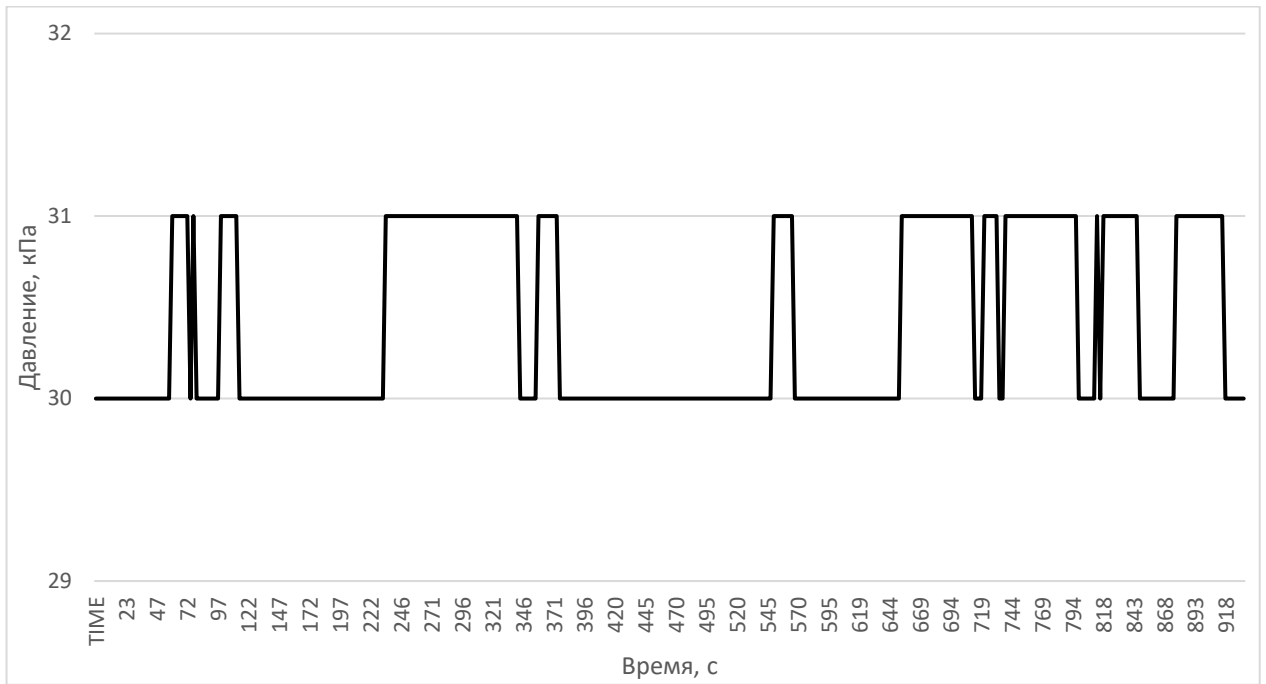


Рисунок 4.7 – Тренд по давлению во впускном коллекторе

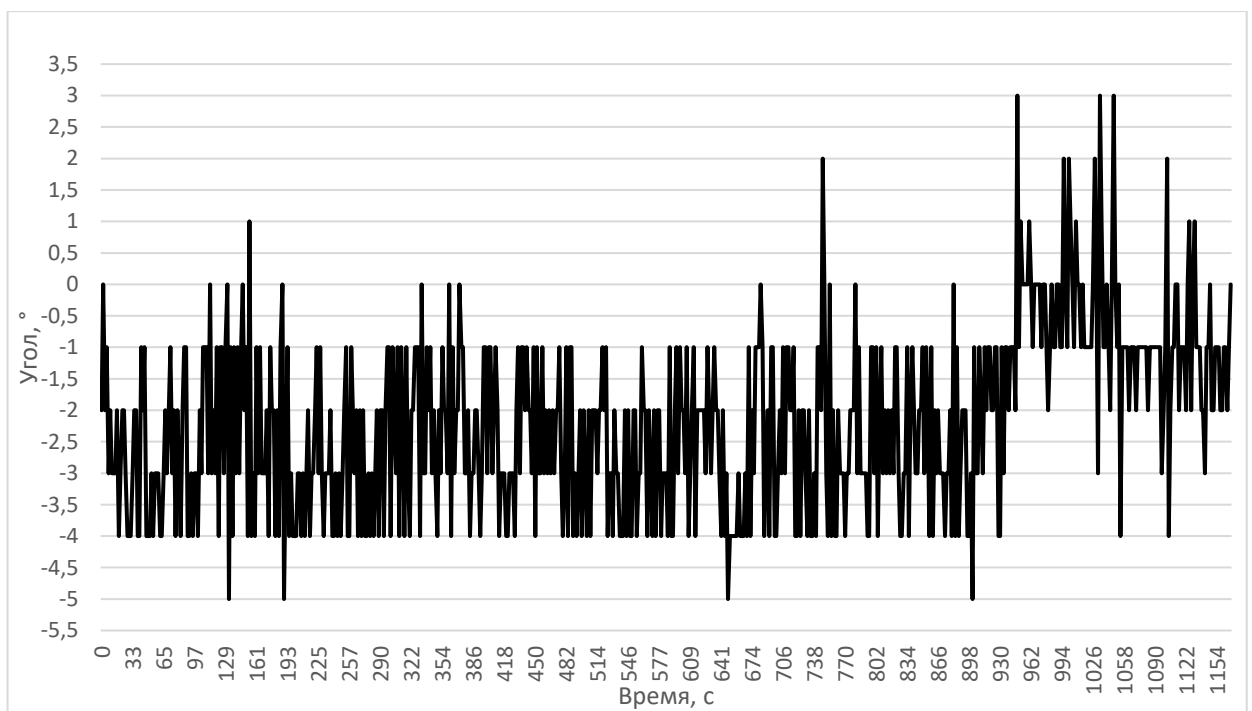


Рисунок 4.8 – Тренд по опережения угла зажигания

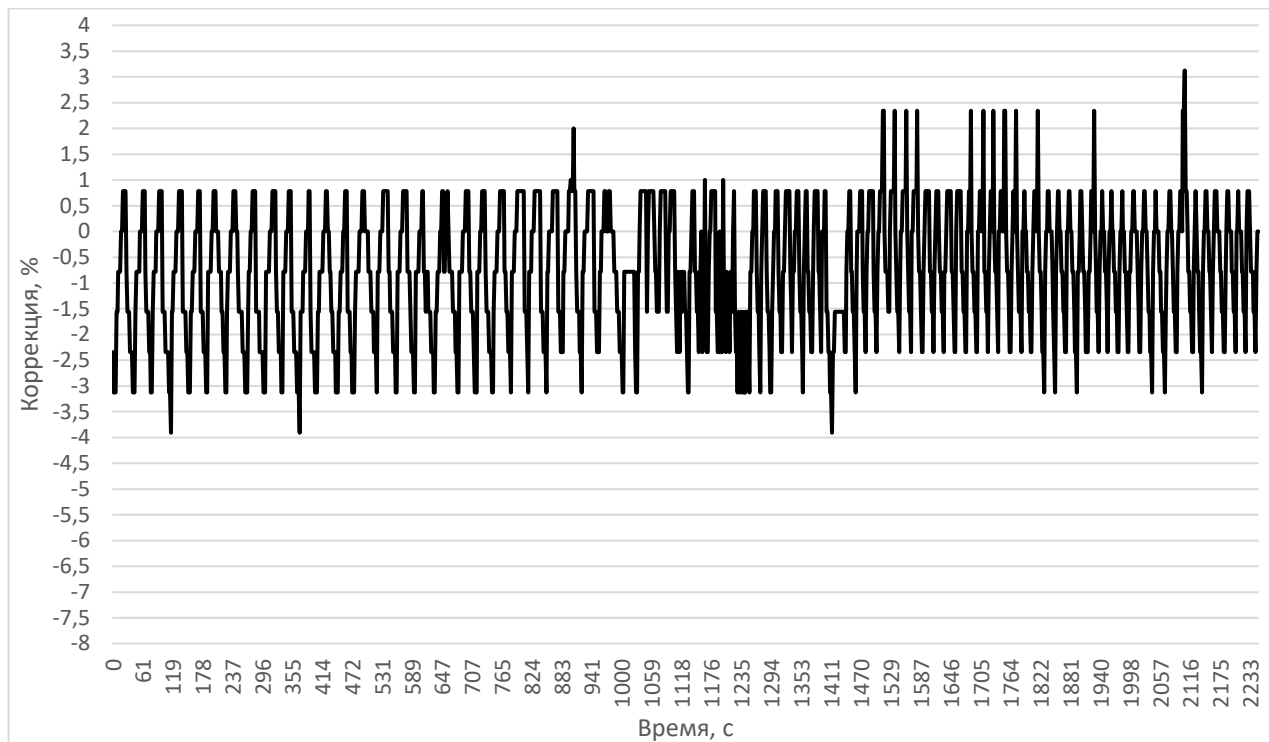


Рисунок 4.9 – Тренд по коррекции смеси

На рисунке 4.10 приведено главное окно программы после обработки фактических данных.

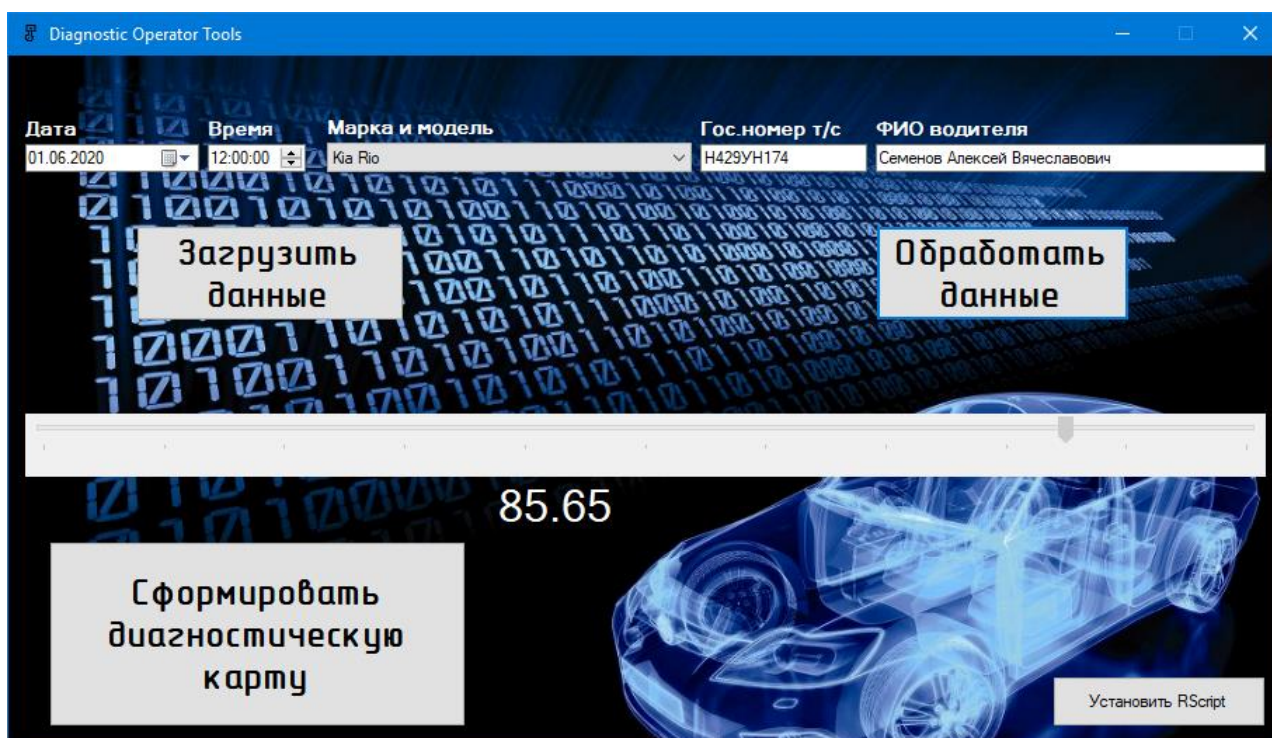


Рисунок 4.10 – Главное окно после обработки данных

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Как видно из рисунка 4.10, обобщённая оценка для данного автомобиля составляет 85,65% из возможных 100%. Это соответствует состоянию «Отлично».

На рисунке 4.11 представлена сформированная диагностическая карта для данного автомобиля. Как видно, значения частных показателей соответствуют состоянию «Отлично», поэтому обобщённая оценка имеет такое же состояние.

Diagnostic operator tools

Диагностическая карта т/с

Дата диагностики: 01.06.2020
 Время диагностики: 12:00
 Автомобиль: Kia Rio
 Гос.номер т/с: H429УН174
 ФИО водителя: Семенов Алексей Вячеславович

	Наименование показателя	Ед.изм.	Значение	Результат
▶	Обороты двигателя	об/мин	740	отлично
	Температура охлаждающей жидкости	°С	93.4	отлично
	Датчик кислорода до катализатора	В	0.430	отлично
	Датчик кислорода после катализатора	В	0.390	отлично
	Давление во впускном коллекторе	кПа	30	отлично
	Угол опережения зажигания	°	-2	отлично
	Коррекция смеси	%	-1	отлично
	Обобщённая оценка	%	85.65	отлично

Оператор: Андреев Евдоким Матвеевич
 Дата формирования отчёта: 11.06.2020 15:22

Печать

Рисунок 4.11 – Диагностическая карта автомобиля

Рассмотрим формирование обобщённой оценки на примере автомобиля Kia Spectra.

Параметры автомобиля:

- марка, модель – Kia Spectra;
- год выпуска – 2006;
- модель двигателя – S6D;

– мощность двигателя – 101.6 л.с.

Отзыв владельца: техническое состояние удовлетворительное. Не работает второй датчик кислорода, проблема с системой охлаждения.

Выполним чтение и обработку данных. На рисунке 4.12 приведено главное окно программы после обработки данных.

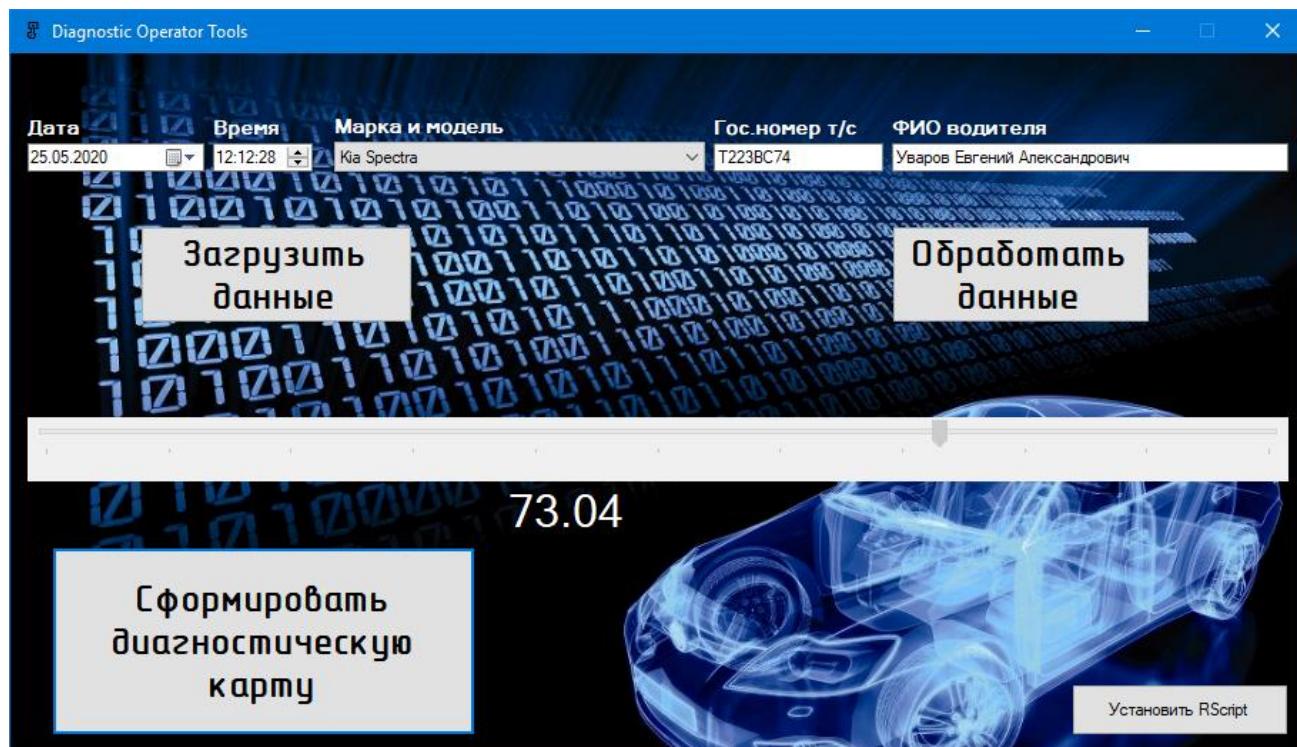


Рисунок 4.12 – Главное окно после обработки данных

Как видно из рисунка 4.12, обобщённая оценка для данного автомобиля составляет 73,04% из возможных 100%. Это соответствует состоянию «Удовлетворительно».

На рисунке 4.13 представлена сформированная диагностическая карта для данного автомобиля. Как видно, значения частных показателей имеют различные результаты. Диагностика подтвердила отзыв владельца. Показатели «Обороты двигателя» и «Давление во впускном коллекторе» имеют хорошее состояние. Обобщённая оценка имеет состояние «Удовлетворительно». Данному автомобилю стоит проехать в сервисный центр для проведения углубленного анализа.

Diagnostic operator tools

Диагностическая карта т/с

Дата диагностики: 25.05.2020
 Время диагностики: 12:12
 Автомобиль: Kia Spectra
 Гос.номер т/с: T223BC74
 ФИО водителя: Уваров Евгений Александрович

	Наименование показателя	Ед.изм.	Значение	Результат
▶	Обороты двигателя	об/мин	889	хорошо
	Температура охлаждающей жидкости	°C	62.4	удовлетворительно
	Датчик кислорода до катализатора	V	0.448	отлично
	Датчик кислорода после катализатора	V	0.400	неудовлетворительно
	Давление во впускном коллекторе	кПа	37	хорошо
	Угол опережения зажигания	°	1	отлично
	Коррекция смеси	%	-1	отлично
	Обобщённая оценка	%	73.04	удовлетворительно

Оператор: Андреев Евдоким Матвеевич
 Дата формирования отчёта: 12.06.2020
 3:13

Печать

Рисунок 4.13 – Диагностическая карта автомобиля

В данном разделе приведены результаты экспериментальных исследований на основе фактических диагностических данных автомобилей. Результаты проведённых исследований рассмотрены и согласованы экспертами. Таким образом, проведённое исследование показало, что с использованием программного обеспечения можно оперативно получить корректную обобщённую оценку технического состояния автомобиля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы получены следующие результаты.

Приведен обзор существующих методов диагностики технического состояния автомобильного транспорта и техническое обеспечение для диагностики на основе 70 научных информационных источников. Приведены схемы управления автомобильным двигателем, функциональные схемы систем диагностики.

Разработано методическое, алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированной системы диагностики технического состояния автомобильного транспорта. Предложен метод обобщенной оценки технического состояния автомобиля на основе частных показателей с учётом их значимости. Формирование обобщенной оценки осуществляется с использованием нечеткой логики. Программное обеспечение включает два модуля: расчётный модуль и модуль визуализации. Расчётный модуль реализован в среде R-Studio на языке программирования R. Модуль визуализации разработан в среде программирования Microsoft Visual Studio на языке программирования C#. Приведено описание оконных форм и функционала разработанного программного обеспечения.

Приведены результаты экспериментальных исследований на основе фактических диагностических данных автомобилей. Проведенное исследование показало, что с использованием разработанного программного обеспечения можно оперативно получить корректную обобщённую оценку технического состояния автомобиля.

Таким образом, поставленная цель и задачи выполнены.

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борц, А.Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А.Д. Борц, Я.Х. Закин, Ю.В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
2. Боровских, Ю.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Ю.И. Боровских, Ю.В. Буралев, К.А. Морозов – М.: Высшая школа, 2013. – 224 с.
3. Пархоменко, П.П. Основы технической диагностики / П.П. Пархоменко, Е.С. Сагомоян. – М.: Энергоиздат, 1981. – 308 с.
4. Суханов, Б.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Б.Н. Суханов, И.О. Борзых, Ю.Ф. Бедарев. – М.: Транспорт, 1991. – 158 с.
5. Гаврилов, К.Л. Практическое руководство по диагностике и ремонту электрооборудования легковых и грузовых автомобилей иностранного и отечественного производства / К.Л. Гаврилов. – М.: МарТ. 2003. – 251 с.
6. Коваленко, Н.А. Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта / Н.А. Коваленко. – М.: ИНФРА–М, 2013. – 270 с.
7. Жомиру, В.Н. Справочник по диагностике технического состояния автомобиля / В.Н. Жомиру, В.И. Амарией. – Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1989. – 226 с.
8. Борц, А.Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А.Д. Борц, Я.Х. Закин, Ю.В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
9. Гируцкий, О.И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля / О.И. Гируцкий, Ю.К. Есеновский–Лашков, Д.Г. Поляк. – М.: Транспорт, 2000. – 213 с.
10. Вероятностно–логический метод поиска неисправностей автомобилей / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, С.А. Кривобок. – Пенза: Изд–во ПГУАС, 2013. – 219 с.
11. Дьяконов, В.П. MATLAB Анализ, идентификация и моделирование систем / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов. – М.: Наука.Физматлит, 2009. – 433 с.
12. Дьяконов, В.П. MATLAB Компьютерная математика. Теория и практика / В.П. Дьяконов. – М.: Нолидж, 2001. – 205 с.

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

13. Како, Н. Датчики и микро-ЭВМ / Н. Како, Я. Яманэ; пер с яп. Г.Н. Горбунова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 120 с.

14. Компьютерная диагностика автомобиля – <http://vagcom.com.ua/clauses/kompyuternaya-diagnostika-avtomobilya/>. Дата обращения: 09.06.2020.

15. Чижков, Ю.П. Конструкция автомобиля / Ю.П. Чижков, С.В. Акимов, В.А. Набоких. – М.: Горячая линия–Телеком, 2005. – 480 с.

16. Ландсберг, И.Д. Ремонт электрооборудования автомобилей / И.Д. Ландсберг Л.З. Соколин В.Н. Каманин – М.: Транспорт, 2011. – 317 с.

17. Булгаков, Н.Ф. Обеспечение надежности и эффективности технической эксплуатации автомобилей: учебное пособие / Н.Ф. Булгаков. – Красноярск: КГТУ, 1994. – 179 с.

18. Гируцкий, О.И. Электроника автомобильных систем управления / О.И. Гируцкий, Ю.К. Есеновский–Лашков, Д.Г. Поляк. – М.: Транспорт, 1987. – 198 с.

19. Методики диагностики, тест «Относительная компрессия» – <http://www.ardio.ru/relkompr.php>. Дата обращения: 09.06.2020.

20. Литвиненко, В.В. Электрооборудование легковых автомобилей: диагностика и устранение неисправности / В.В. Литвиненко. – М.: Информавто, 2001. – 48 с.

21. Акимов, С.В. Электрическое и электронное оборудование автомобилей / С.В. Акимов, Ю.И. Боровских, Ю.П. Чижков. – М.: Машиностроение, 1988. – 276 с.

22. Власов, В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / В.М. Власов, С.В. Жанказиев, С. М. Круглов. – Москва: Академия, 2017. – 427 с.

23. Осипович, Л.А. Датчики физических величин / Л.А. Осипович. – М.: Машиностроение, 1979. – 159 с.

24. Шадричев, Е.А. Основы технологии автостроения и ремонта автомобилей / Е.А. Шадричев. – Ленинград: Машиностроение, 1976. – 559 с.

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

270304.2020.403 ПЗ

25. Костюков, В.Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин : учебное пособие / В.Н. Костюков, А.П. Науменко. – Новосибирск: Изд–во Сибирского отделения Российской академ. наук, 2014. – 372 с.

26. Клюев, В.В. Глобализация технической диагностики и неразрушающего контроля / В.В. Клюев. – М.: Спектр, 2004. – 70 с.

27. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей / Е.С. Кузнецов, В.П. Воронов, А.П. Болдин и др. – М.: Транспорт, 1991. – 416 с.

28. Епифанов, Л.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Л.И. Епифанов, Е.А. Епифанова. – М.: Форум – Инфра–М, 2012. – 280 с.

29. Диагностика двигателя автомобиля – <http://www.avto-pulss.ru/sovet/477-diagnostika-dvigatelya-avtomobilya.html>. Дата обращения: 09.06.2020.

30. Сига, Х. Введение в автомобильную электронику / Х. Сига, С. Мидзутани; пер. с яп. Л.А. Богданова. – М.: Мир, 1989. – 232 с.

31. Боровских, Ю.И. Автомобильные контрольно–измерительные приборы / Ю.И. Боровских. – М.: Транспорт, 1976. – 192 с.

32. Ветлинский, В.Н. Бортовые автономные системы управления автомобилем / В.Н. Ветлинский, А.А. Юрчевский, К.Н. Комлев. – М.: Транспорт, 1984. – 189 с.

33. Виглеб, Г. Датчики. Устройство и применение / Г. Виглеб; пер с нем. М.А. Хацернова. – М.: Мир, 1989. – 196 с.

34. Иванов, В.И. Применение ЭВМ на автомобильном транспорте / В.И. Иванов. – М.: Транспорт, 1997. – 144 с.

35. Селифонов, В.В. Статические характеристики управляемости автомобиля: учебное пособие / В.В. Селифонов, А.И. Титков. – М.: МАМИ, 1990. – 34 с.

36. Галкин, Ю.М. Автомобильные электронные системы / Ю.М. Галкин. – М.: Машиностроение, 1982. – 142 с.

37. Павлова, Е.И. Экология транспорта / Е.И. Павлова, Ю.В. Буралев. – Москва: Транспорт, 2010. – 231 с.

									Лист
									64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

270304.2020.403 ПЗ

38. Стуканов, В.А. Устройство автомобилей / В.А. Стуканов, К. Н. Леонтьев. – М.: ИНФРА–М, 2013. – 495 с.
39. Guth, J. A Detailed Analysis of IoT Platform Architectures: Concepts, Similarities, and Differences / J. Guth, U. Breitenbücher, M. Falkenthal // Institute of Architecture of Application Systems. – 2018. – V. 4. – P. 33 – 43.
40. Заде, Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир, 1976. – 166 с.
41. Жердицкий Н.Т. Автосервис и фирменное обслуживание автомобилей / Н.Т. Жердицкий, В.З. Русаков, А.А. Голованов. – Новочеркасск: Изд. ЮРГТУ (НПИ), 2003. – 123 с.
42. Цирлов, В.Л. Основы информационной безопасности автоматизированных систем / В.Л. Цирлов. – Феникс, 2008. – 74 с.
43. Круглов, В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001.– 221 с.
44. Леоленков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоленков. – СПб.: БХВ–Петербург, 2003.– 719 с.
45. Самарский, А.А. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры/ А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Наука, 1997. – 320 с.
46. Круглов, В.В. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода / В.В. Круглов, М.И. Дли. – М.: Физматлит, 2002. – 198 с.
47. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 284 с.
48. Бураков, М.В. Нечеткие регуляторы Учебное пособие / М.В. Бураков – СПб, Из–во ГУАП, 2010. — 237 с.
49. Хижняков, Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро–нечеткого правления в системах реального времени. Учебное пособие / Ю.Н. Хижняков – Пермь: Изд–во ПНИПУ, 2013. – 160 с.
50. Ухоботов, В.И. Избранные главы теории нечетких множеств. Учебное пособие / В.И. Ухоботов. – Челябинск: Изд–во ЮУрГУ, 2011. — 245 с.

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

51. Яхьяева, Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие / Г.Э. Яхьяева. – 2-е изд. – М.: Технологий: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 315 с.

52. Потемкин, В.Г. Система инженерных и научных расчетов / В.Г. Потемкин. – М.: ДИАЛОГ–МИФИ, 1998. – 340 с.

53. Усков, А.А. Системы с нечеткими моделями объектов управления / А.А. Усков. – Смоленск: СФРУК, 2013. – 153 с.

54. Румянцев, С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / С. Румянцев, А. Синельников, Ю. Штоль. – М. Машиностроение, 2015. – 272 с.

55. Алексева, Т.В. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т.В. Алексева, В.Д. Бабанская, Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1989. – 263 с.

56. Бокс, Д. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Д. Бокс. – М.: Мир, 1974. – 406 с.

57. Фогельсон, И.Б. Транзисторные термодатчики / И.Б. Фогельсон. – М.: Сов. радио, 1972. – 129 с.

58. Ютт, В.Е. Электрическое и электронное оборудование автомобилей / В.Е. Ютт. – М.: МАДИ, 1983. – 120 с.

59. Газарян, А.А. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств / А.А. Газарян. – М.: Транспорт, 1989. – 259 с.

60. Костюков, В.Н. Мониторинг безопасности производства / В.Н. Костюков. – М.: Машиностроение, 2002. – 224 с.

61. Иванов В.И. Применение ЭВМ на автомобильном транспорте / В.И. Иванов. – М.: Транспорт, 1997. – 144 с.

62. Михайловский, Е.В. Устройство автомобиля / Е.В. Михайловский, К.Б. Серебряков. – М.: Машиностроение, 1987. – 350 с.

63. Казаринов, Л.С. Многосвязные системы оптимального регулирования экономичности потребления топлива / Л.С. Казаринов, А.В. Кинаш, АМ. Зозуля. – Вестник ЮУрГУ, № 2, 2011. – 51 с.

64. Мاستицкий, С.Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С.Э. Мاستицкий, В.К. Шитиков. – Тольятти, 2014. – 401 с.

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

65. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А Пегат. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 798с.

66. Selonen, P. IoT Cloud Environment for Enabling the Programmable World. Proc. 42nd Euromicro Conf. Software Eng. And Advanced Applications (SEAA 16). – 2016. – P. 250–257.

67. Акберова, Н.И. Краткое введение в R и RStudio / Н.И. Акберова. – Издательство МЭИ, 2015. – 15 с.

68. Казаринов, Л.С. Алгоритм построения эффективных характеристик оборудования по данным эксплуатации / Л.С. Казаринов, Д.А. Безруков, О.В. Попова // Вестник ЮУрГУ. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – Вып.3, №9(98). – С. 38.

69. Руководства по Visual Studio | C# – <https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/get-started/csharp/?view=vs-2019>. Дата обращения: 09.06.2020.

70. Компилируемые и некомпиллируемые языки программирования – <http://itmentor.by/articles/kompiliruemye-i-interpretiruemye-yazykiprogrammirovaniya>. Дата обращения: 15.01.2019.

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Листинги программы оценки технического состояния автомобильного транспорта

Листинг А.1 – Расчётный модуль

```
library(FuzzyR, lib.loc = "C:/Program Files/R/R-4.0.0/library")
setwd("C:/DOT")
test<-read.csv('idealdate.csv', sep = ";", dec = ",")
rmp<-test[[1]]
tdvs<-test[[2]]
oxygen1<-test[[3]]
oxygen2<-test[[4]]
pressure<-test[[5]]
ignition<-test[[6]]
correction<-test[[7]]
r<-(sum(rmp))/(length(rmp))
t<-(sum(tdvs))/(length(tdvs))
o1<-(sum(oxygen1))/(length(oxygen1))
o2<-(sum(oxygen2))/(length(oxygen2))
p<-(sum(pressure))/(length(pressure))
i<-(sum(ignition))/(length(ignition))
c<-(sum(correction))/(length(correction))
if(max(tdvs)>105 & max(rmp)>1000) {print("Diagnostika nevozmozhna!
Prevysheniya dopustimyykh znacheniy.")} else{
fis <- newfis('tipper')
fis <- addvar(fis, 'input', 'rmp', c(000, 2000)) #Oboroty dvigatelya
fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'excellent', 'trapmf',
c(700,800,850,950))
fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'bad', 'trapmf', c(0,0,600,750))
fis <- addmf(fis, 'input', 1, 'bad', 'trapmf', c(850,950,2000,2000))
fis <- addvar(fis, 'input', 'tdvs', c(0, 130)) #Temperatura
okhlazhdayushchey zhidkosti
fis <- addmf(fis, 'input', 2, 'excellent', 'trimf', c(80,95,105))
fis <- addmf(fis, 'input', 2, 'bad', 'trapmf', c(0,0,70,80))
fis <- addmf(fis, 'input', 2, 'bad', 'trapmf', c(105,110,130,130))
fis <- addvar(fis, 'input', 'oxygen1', c(0, 1)) #Datchik kislороda
do katalizatora
fis <- addmf(fis, 'input', 3, 'excellent', 'trapmf',
c(0.4001,0.4001,1,1))
fis <- addmf(fis, 'input', 3, 'excellent', 'trapmf', c(0.1,0.1,
0.399,0.399))
fis <- addmf(fis, 'input', 3, 'bad', 'singletonmf', c(0.4))
fis <- addvar(fis, 'input', 'oxygen2', c(0, 1)) #Datchik kislороda
posle katalizatora
fis <- addmf(fis, 'input', 4, 'excellent', 'trapmf',
c(0.4001,0.4001,1,1))
```

									Лист
									68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	270304.2020.403 ПЗ				

Продолжение листинга А.1

```
fis <- addmf(fis, 'input', 4, 'excellent', 'trapmf', c(0.1,0.1,  
0.399,0.399))  
fis <- addmf(fis, 'input', 4, 'bad', 'singletonmf', c(0.4))  
fis <- addvar(fis, 'input', 'pressure', c(0, 100)) #Davleniye vo  
vpusknom kollektore  
fis <- addmf(fis, 'input', 5, 'excellent', 'trimf', c(33,36,39))  
fis <- addmf(fis, 'input', 5, 'bad', 'trapmf', c(39,39,100,100))  
fis <- addmf(fis, 'input', 5, 'bad', 'trapmf', c(0,0,33,33))  
fis <- addvar(fis, 'input', 'ignition', c(-10, 10)) #Ugol  
operezhvaniya zazhiganiya  
fis <- addmf(fis, 'input', 6, 'excellent', 'trimf', c(-2,0,2))  
fis <- addmf(fis, 'input', 6, 'good', 'trapmf', c(-4,-4,-2,-2))  
fis <- addmf(fis, 'input', 6, 'good', 'trapmf', c(2,2,4,4))  
fis <- addmf(fis, 'input', 6, 'bad', 'trapmf', c(-10,-10,-4,-4))  
fis <- addmf(fis, 'input', 6, 'bad', 'trapmf', c(4,4,10,10))  
fis <- addvar(fis, 'input', 'correction', c(-10, 10)) #Korreksiya  
smesi  
fis <- addmf(fis, 'input', 7, 'excellent', 'trimf', c(-2,0,2))  
fis <- addmf(fis, 'input', 7, 'good', 'trapmf', c(-4,-4,-2,-2))  
fis <- addmf(fis, 'input', 7, 'good', 'trapmf', c(2,2,4,4))  
fis <- addmf(fis, 'input', 7, 'bad', 'trapmf', c(-10,-10,-4,-4))  
fis <- addmf(fis, 'input', 7, 'bad', 'trapmf', c(4,4,10,10))  
fis <- addvar(fis, 'output', 'status', c(0, 100))  
fis <- addmf(fis, 'output', 1, 'otlichno', 'trimf', c(90,95,100))  
Продолжение листинг А  
fis <- addmf(fis, 'output', 1, 'horosho', 'trimf', c(75,82.5,90))  
fis <- addmf(fis, 'output', 1, 'udovletv', 'trimf', c(50,62.5,75))  
fis <- addmf(fis, 'output', 1, 'neudovl', 'trimf', c(0,25,50))  
ruleList <- rbind  
(c(1,1,1,1,1,1,1,1,2,2),c(1,1,2,2,1,1,1,1,2,2),c(1,1,1,2,1,1,1,1,2,2  
) ,c(1,1,2,1,1,1,1,1,2,2),c(1,1,2,2,1,3,3,2,1,2),c(1,1,2,2,1,2,2,2,1,  
2),c(1,1,2,2,1,3,2,2,1,2),c(1,1,2,2,1,2,3,2,1,2),c(1,1,1,1,1,3,3,2,1  
,2),c(1,1,1,1,1,2,2,2,1,2),c(1,1,1,1,1,3,2,2,1,2),c(1,1,1,1,1,2,3,2,  
1,2),c(3,3,3,3,3,5,5,3,1,2),c(3,3,3,3,3,4,4,3,1,2),c(3,3,3,3,3,5,4,3  
,1,2),c(3,3,3,3,3,4,5,3,1,2),c(2,2,3,3,3,5,5,3,1,2),c(2,2,3,3,3,4,4,  
3,1,2),c(2,2,3,3,3,5,4,3,1,2),c(2,2,3,3,3,4,5,3,1,2),c(3,3,3,3,2,5,5  
,3,1,2),c(3,3,3,3,2,4,4,3,1,2),c(3,3,3,3,2,5,4,3,1,2),c(3,3,3,3,2,4,  
5,3,1,2),c(2,2,3,3,2,5,5,3,1,2),c(2,2,3,3,2,4,4,3,1,2),c(2,2,3,3,2,5  
,4,3,1,2),c(2,2,3,3,2,4,5,3,1,2),c(2,3,3,3,3,5,5,3,1,2),c(3,2,3,3,3,  
4,4,3,1,2),c(2,3,3,3,3,5,4,3,1,2),c(3,2,3,3,3,4,5,3,1,2),c(2,3,3,3,3  
,5,5,3,1,2),c(3,2,3,3,3,4,4,3,1,2),c(2,3,3,3,3,5,4,3,1,2),c(3,2,3,3,  
3,4,5,3,1,2),c(3,2,3,3,2,5,5,3,1,2),c(2,3,3,3,2,4,4,3,1,2),c(3,2,3,3  
,2,5,4,3,1,2),c(2,3,3,3,2,4,5,3,1,2),c(3,2,3,3,2,5,5,3,1,2),c(2,3,3,  
3,2,4,4,3,1,2),c(3,2,3,3,2,5,4,3,1,2),c(2,3,3,3,2,4,5,3,1,2),c(3,3,0  
,0,0,0,0,4,1,1),c(2,2,0,0,0,0,0,4,1,1),c(3,2,0,0,0,0,0,4,1,1),c(2,3,  
0,0,0,0,0,4,1,1))  
fis <- addrule(fis, ruleList)  
Input_data <-  
as.matrix(data.frame(rmp,tdvs,oxygen1,oxygen2,pressure,ignition,corr  
ection))
```

						Лист
					270304.2020.403 ПЗ	69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Окончание листинга А.1

```
evalfis(Input_data, fis)
itog<-(sum(D_out))/(length(D_out))
print(sprintf("%.0f,%.1f,%.3f,%.3f,%.0f,%.0f,%.0f,", r, t, o1, o2,
p, i, c))
print(sprintf("%.2f", itog))
}
```

Листинг А.2 – Модуль визуализации. Окно «Авторизация»

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
namespace WindowsFormsApp1
{
    public partial class AuthForm : Form
    {
        public AuthForm()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Auth();
        }
        private void Auth()
        {
            if (comboBox1.Text != "" && textBox1.Text != "")
            {
                if (textBox1.Text == "123456")
                {
                    Form1.ActiveForm.Hide();
                    var Form = new Form1(comboBox1.Text);
                    Form.Show();
                }
            }
        }
        private void label1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
        }
        private void textBox1_TextChanged(object sender, EventArgs
e)
        {
        }
    }
}
```

Окончание листинга А.2

```

        private void label2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
        }
        private void comboBox1_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
        {
        }
        private void textBox1_KeyPress(object sender,
KeyPressEventArgs e)
        {
        }
        private void textBox1_KeyDown(object sender, KeyEventArgs e)
        {
            if(e.KeyCode.ToString() == "Return")
            {
                Auth();
            }
        }
    }
}

```

Листинг А.3 – Модуль визуализации. Окно «Главное меню»

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Diagnostics;
using System.Drawing;
using System.IO;
using System.Linq;
using System.Reflection;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using WindowsFormsAppl.Properties;
namespace WindowsFormsAppl
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public bool isFileUploaded = false;
        public bool isRScriptFine = false;
        public RStudioResult lastResult = null;
        public string fioOperatora = "";
        public Form1(string fiOp)
        {
            fioOperatora = fiOp;
        }
    }
}

```

Продолжение листинга А.3

```

        InitializeComponent();
    }
    private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
    {
        if (File.Exists(Path.Combine(@"C:\DOT", "rscript.r")))
        {
            isRScriptFine = true;
        }
    }
    private static string RunRScript(string rpath, string
scriptpath)
    {
        try
        {
            var info = new ProcessStartInfo
            {
                FileName = rpath,
                WorkingDirectory =
Path.GetDirectoryPath(scriptpath),
                Arguments = scriptpath,
                RedirectStandardOutput = true,
                CreateNoWindow = true,
                UseShellExecute = false
            };
            using (var proc = new Process { StartInfo = info })
            {
                proc.Start();
                return proc.StandardOutput.ReadToEnd();
            }
        }
        catch (Exception ex)
        {
            Console.WriteLine(ex.ToString());
        }
        return string.Empty;
    }
    private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
    private void button2_Click_1(object sender, EventArgs e)
    {
        if (isFileUploaded)
        {
            var rpath = @"C:\Program Files\R\R-
4.0.0\bin\rscript.exe";
            var scriptpath = Path.Combine(@"C:\DOT",
"rscript.R");
            var output = RunRScript(rpath, scriptpath);
            var result = ParseRStudioResult(output);

```

Продолжение листинга А.3

```

        var intTotal = result.total.Split('.')[0];
        lastResult = result;
        trackBar1.Value = int.Parse(intTotal);
        trackBar1.Visible = true;
        label1.Text = result.total;
        label1.Visible = true;
        button3.Enabled = true;
        checkRScriptButton();
    }

}

private void checkRScriptButton()
{
    if (isRScriptFine == true && isFileUploaded == true)
    {
        button2.Enabled = true;
    }
}

private RStudioResult ParseRStudioResult(string result)
{
    var resultArray = result.Split('\n');
    var firstRow = resultArray[0];
    var secondRow = resultArray[1];
    var firstRowResults = firstRow.Split('"')[1].Split(',');
    var secondRowResults = secondRow.Split('"')[1];
    var rmp = firstRowResults[0];
    var tdvs = firstRowResults[1];
    var oxygen1 = firstRowResults[2];
    var oxygen2 = firstRowResults[3];
    var pressure = firstRowResults[4];
    var ignition = firstRowResults[5];
    var correction = firstRowResults[6];
    var total = secondRowResults;
    var response = new RStudioResult(rmp, tdvs, oxygen1,
oxygen2, pressure, ignition, correction, total);
    return response;
}

private void Form1_FormClosed(object sender,
FormClosedEventArgs e)
{
    Application.Exit();
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if(textBox1.Text != "" && textBox2.Text != "" &&
comboBox3.Text!="")
    {

```

Продолжение листинга А.3

```

        var date =
datePicker1.Value.Date.ToShortDateString();
        var time =
datePicker2.Value.ToShortTimeString();
        var car = comboBox3.Text;
        var nomer = textBox1.Text;
        var driver = textBox2.Text;
        var newForm = new Form2(date, time, car, nomer,
driver, lastResult, fioOperatora);
        newForm.ShowDialog();
    }

    }
    private void comboBox2_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
    {
    }
    private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        openFileDialog1.ShowDialog();
    }
    private void openFileDialog1_FileOk(object sender,
CancelEventArgs e)
    {
        var selectedFileData =
File.ReadAllText(openFileDialog1.FileName);
        if (!Directory.Exists(@"C:\DOT"))
        {
            Directory.CreateDirectory(@"C:\DOT");
        }

        File.WriteAllText(Path.Combine(@"C:\DOT",
"idealdate.csv"), selectedFileData);
        isFileUploaded = true;
        checkRScriptButton();
    }
    private void comboBox3_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
    {
    }
    private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        openFileDialog2.ShowDialog();
    }
    private void openFileDialog2_FileOk(object sender,
CancelEventArgs e)
    {
        var selectedFileData =
File.ReadAllText(openFileDialog2.FileName);
        if (!Directory.Exists(@"C:\DOT"))

```

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Окончание листинга А.3

```

        {
            Directory.CreateDirectory(@"C:\DOT");
        }
        File.WriteAllText(Path.Combine(@"C:\DOT", "rscript.r"),
selectedFileData);
        isRScriptFine = true;
        checkRScriptButton();
    }
    private void label2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
}

```

Листинг А.4 – Модуль визуализации. Окно «Диагностическая карта т/с»

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
namespace WindowsFormsApp1
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        public string _date;
        public string _time;
        public string _car;
        public string _nomer;
        public string _driver;
        public RStudioResult _result;
        public string fioOperatora;
        public Form2(string date, string time, string car, string
nomer, string driver, RStudioResult result, string fiop)
        {
            _date = date;
            _time = time;
            _car = car;
            _nomer = nomer;
            _driver = driver;
            _result = result;
            fioOperatora = fiop;
            InitializeComponent();
        }
        private void dataGridView1_CellContentClick(object sender,
DataGridViewCellEventArgs e)
        {
        }
    }
}

```

Продолжение листинга А.4

```

private void Form2_Load(object sender, EventArgs e)
{
    label3.Text = _date;
    label4.Text = _time;
    label5.Text = _car;
    label6.Text = _nomer;
    label7.Text = _driver;
    label16.Text = fioOperatora;
    label9.Text = DateTime.Now.Date.ToShortDateString() +
"\n" + DateTime.Now.ToShortTimeString();
    AddNewRow("Обороты двигателя", "об/мин", _result.rmp,
GetResult("oborot", getNumberFromString(_result.rmp)));
    AddNewRow("Температура охлаждающей жидкости", "°C",
_result.tdvs, GetResult("temp", getNumberFromString(_result.tdvs)));
    AddNewRow("Датчик кислорода до катализатора", "В",
_result.oxygen1, GetResult("oxg1",
getNumberFromString(_result.oxygen1)));
    AddNewRow("Датчик кислорода после катализатора", "В",
_result.oxygen2, GetResult("oxg2",
getNumberFromString(_result.oxygen2)));
    AddNewRow("Давление во впускном коллекторе", "кПа",
_result.pressure, GetResult("prs",
getNumberFromString(_result.pressure)));
    AddNewRow("Угол опережения зажигания", "°",
_result.ignition, GetResult("ign",
getNumberFromString(_result.ignition)));
    AddNewRow("Коррекция смеси", "%", _result.correction,
GetResult("crr", getNumberFromString(_result.correction)));
    AddNewRow("Обобщённая оценка", "%", _result.total,
GetResult("ttal", getNumberFromString(_result.total)));
}
private void AddNewRow(string a, string b, string c, string
d)
{
    dataGridView1.Rows.Add();
    dataGridView1.Rows[dataGridView1.Rows.Count -
1].Cells[0].Value = a;
    dataGridView1.Rows[dataGridView1.Rows.Count -
1].Cells[1].Value = b;
    dataGridView1.Rows[dataGridView1.Rows.Count -
1].Cells[2].Value = c;
    dataGridView1.Rows[dataGridView1.Rows.Count -
1].Cells[3].Value = d;
}
private double getNumberFromString(string value)
{
    return double.Parse(value.Replace('.', ','));
}
private string GetResult(string name, double value)
{

```

Продолжение листинга А.4

```

var NEUD = "неудовлетворительно";
var UD = "удовлетворительно";
var XOR = "хорошо";
var OTL = "отлично";
// OBOROT
if(name == "oborot")
{
    if ((value > 0 && value <= 600) || value > 950)
    {
        return NEUD;
    }
    else if ((value > 600 && value <= 650) || (value >
900 && value <= 950))
    {
        return UD;
    }
    else if ((value > 650 && value <= 700) || ( value >
850 && value <= 900))
    {
        return XOR;
    } else if(value > 700 && value <= 850)
    {
        return OTL;
    }
}
// Temperatura
if (name == "temp")
{
    if (value > 105)
    {
        return NEUD;
    }
    else if (value > 60 && value <= 80)
    {
        return UD;
    }
    else if ((value > 80 && value <= 90) || (value > 100
&& value <= 105))
    {
        return XOR;
    }
    else if (value > 90 && value <= 100)
    {
        return OTL;
    }
}
// Oxygen1
if (name == "oxg1")
{
    if (value == 0.4)

```

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Продолжение листинга А.4

```
        {
            return NEUD;
        }

        return OTL;
    }
    // Oxygen2
    if (name == "oxg2")
    {
        if (value == 0.4)
        {
            return NEUD;
        }
        return OTL;
    }
    // Pressure
    if (name == "prs")
    {
        if ((value > 0 && value <= 20) || (value > 45 &&
value <= 100))
        {
            return NEUD;
        }
        else if ((value > 20 && value <= 25) || (value > 40
&& value <= 45))
        {
            return UD;
        }
        else if ((value > 25 && value <= 29) || (value > 35
&& value <= 40))
        {
            return XOR;
        }
        else if (value > 29 && value <= 35)
        {
            return OTL;
        }
    }
    // Ignition
    if (name == "ign")
    {
        if ((value >=-10 && value < -4 ) || (value > 4 &&
value <= 10))
        {
            return NEUD;
        }
        else if ((value >=-4 && value < -2) || (value > 2
&& value <= 4))
        {
            return XOR;
        }
    }
}
```

					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Продолжение листинга А.4

```
    }
    else if (value >= -2 && value <= 2)
    {
        return OTL;
    }
}
// Correction
if (name == "crr")
{
    if ((value >= -10 && value < -4) || (value > 4 &&
value <= 10))
    {
        return NEUD;
    }
    else if ((value >= -4 && value < -2) || (value > 2
&& value <= 4))
    {
        return XOR;
    }
    else if (value >= -2 && value <= 2)
    {
        return OTL;
    }
}
// TOTAL
if (name == "ttal")
{
    if (value > 0 && value <= 50)
    {
        return NEUD;
    }
    else if (value > 50 && value <= 75)
    {
        return UD;
    }
    else if (value > 75 && value <= 85)
    {
        return XOR;
    }
    else if (value > 85 && value <= 100)
    {
        return OTL;
    }
}
return "";
}
private void label9_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
Bitmap bmp;
```

Окончание листинга А.4

```

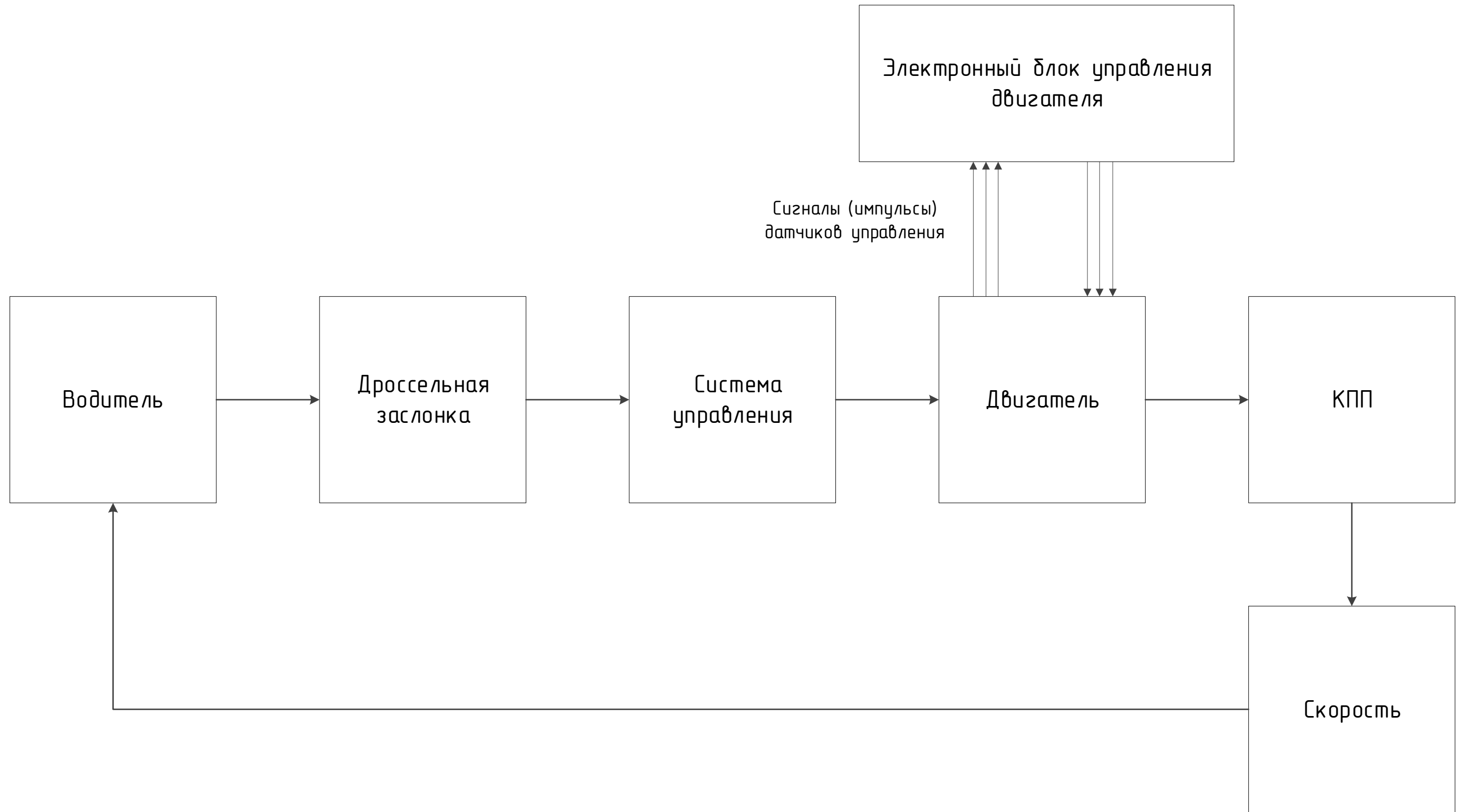
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Graphics g = this.CreateGraphics();
    bmp = new Bitmap(this.Size.Width, this.Size.Height, g);
    Graphics mg = Graphics.FromImage(bmp);
    mg.CopyFromScreen(this.Location.X, this.Location.Y, 0,
0, this.Size);
    printPreviewDialog1.ShowDialog();
}
private void printDocument1_PrintPage(object sender,
System.Drawing.Printing.PrintPageEventArgs e)
{
    e.Graphics.DrawImage(bmp, 0, 0);
}
private void label10_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label13_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label12_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label11_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label14_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label17_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label6_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label5_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label4_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
private void label3_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
}
}

```

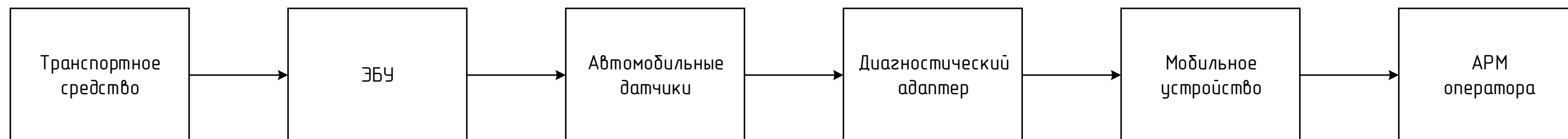
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схемы и чертежи

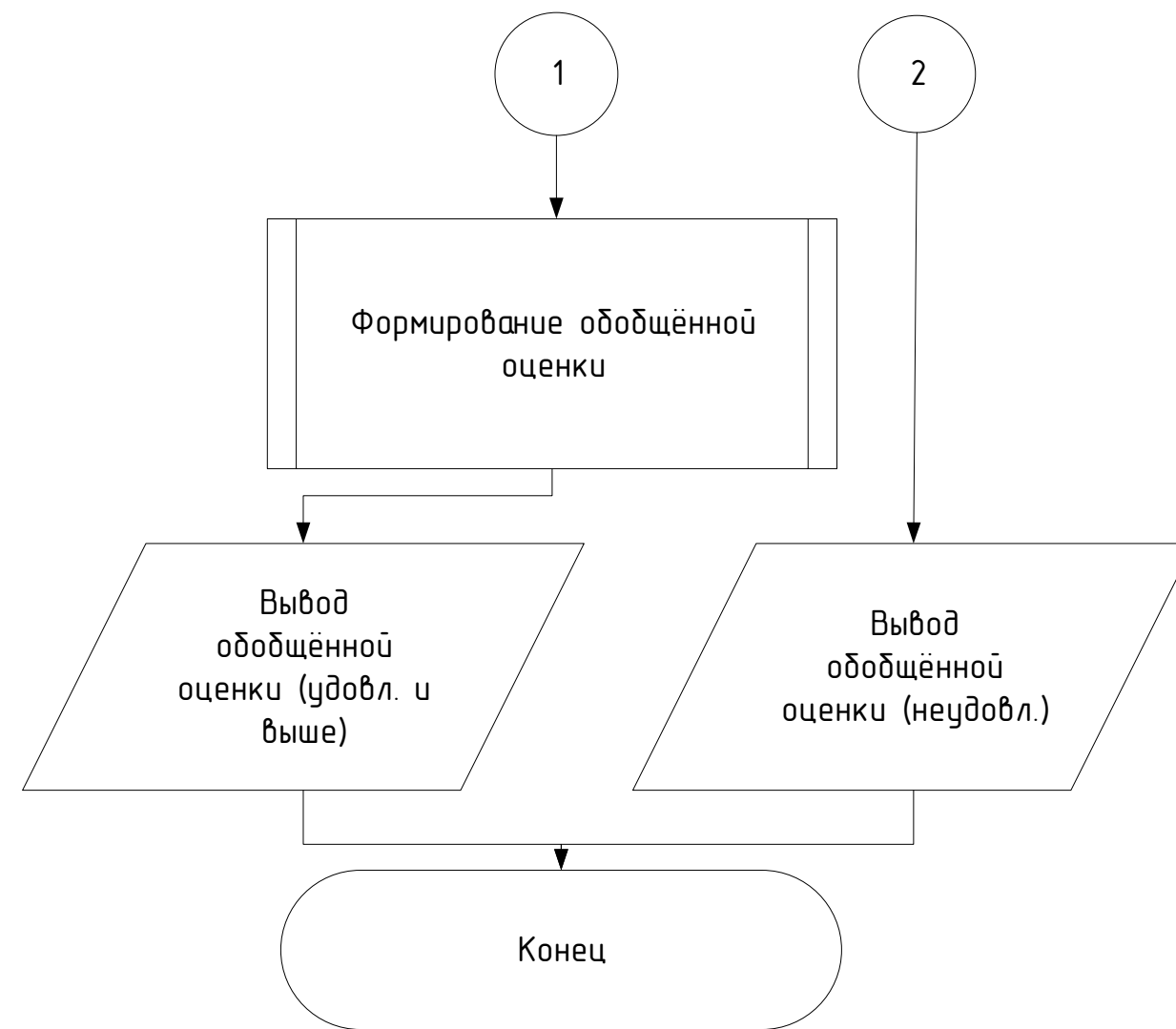
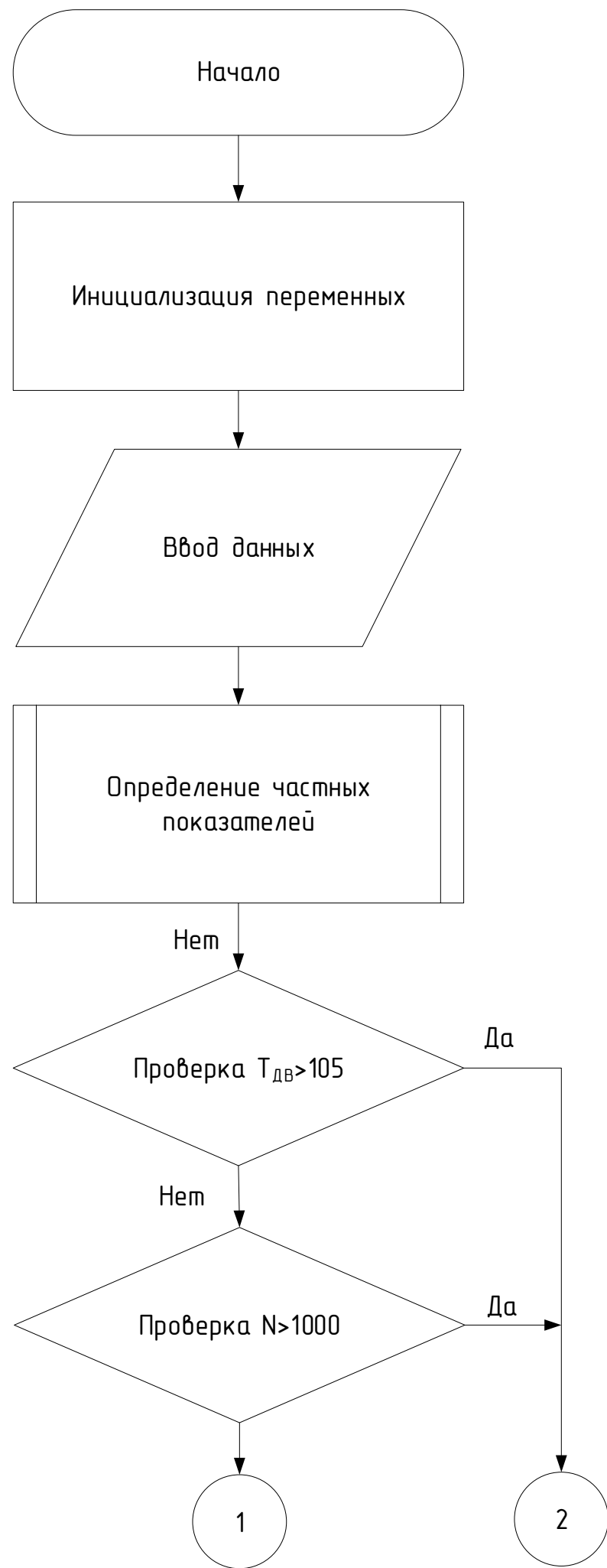
					270304.2020.403 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81



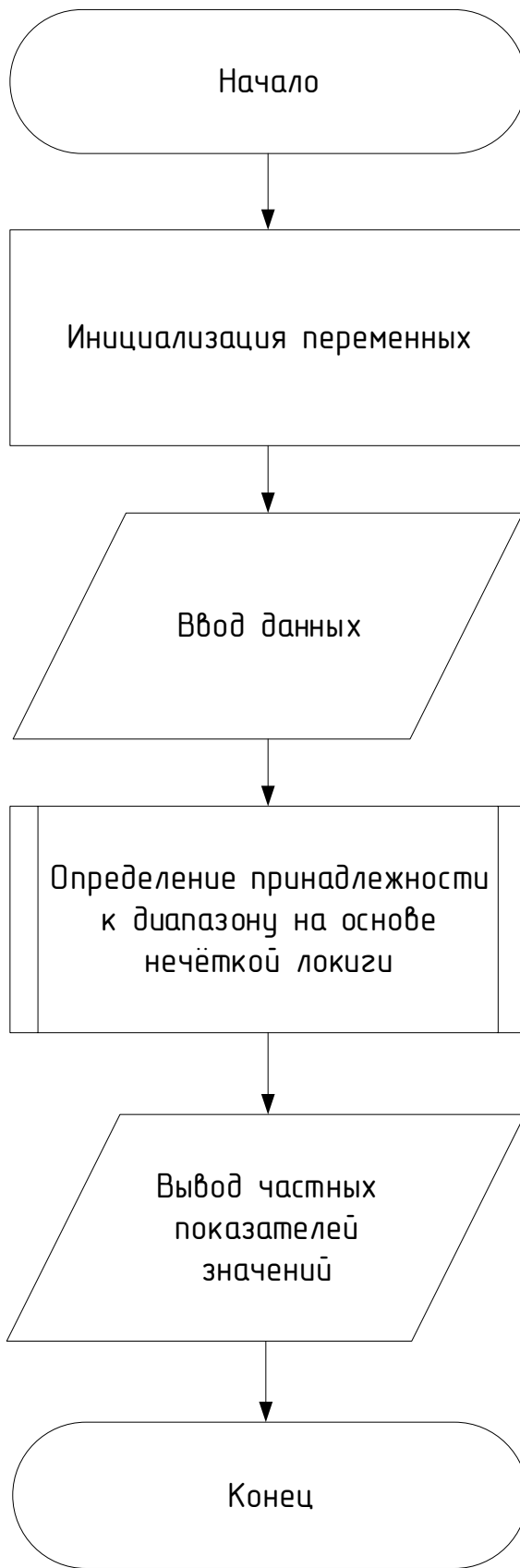
						270304.2020.403.01.01 С2			
						Автоматизированная система диагностики технического состояния автомобильного транспорта	Литера	Масса	Масштаб
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
Разработал		Семенов АВ.		<i>AS</i>					
Проверил		Коленикова О.В.							
							Лист 1	Листов 1	
Н. контролер		Бардагова Т.А.				Схема управления автомобильным двигателем	ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)" Кафедра "АиУ"		
Учв.		Казаринов Л.С.							



						270304.2020.4.03.01.02 С2			
						Автоматизированная система диагностики технического состояния автомобильного транспорта	Литера	Масса	Масштаб
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
Разработал		Семенов АВ.		<i>AS</i>					
Проверил		Коленикова О.В.							
Н. контролер		Бардасова Т.А.				Схема автоматизированной системы диагностики	Лист 1	Листов 1	
Учв.		Казаринов Л.С.						ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)" Кафедра "АиУ"	



						270304.2020.4.03.02.01 Д23			
Изм.	Кол.ч	Лист	№ док	Подп.	Дата	Автоматизированная система диагностики технического состояния автомобильного транспорта	Литера	Масса	Масштаб
Разработал	Семенов АВ.			<i>AS</i>					
Проверил	Колесникова О.В.								
						Алгоритм работы программы	Лист 1	Листов 1	
Н. контролер	Бардагова Т.А.						ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)" Кафедра "АиУ"		
Учв.	Казаринов Л.С.								



					270304.2020.403.02.02 Д23			
					Автоматизированная система диагностики технического состояния автомобильного транспорта	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Семенов А.В.	<i>AS</i>		Алгоритм определения частных показателей	Лист		Листов 1
Пров.		Колесникова О.В.						
Н. контр.		Бардасова Т.А.			ФГАОУ ВО ЮУрГУ "(НИУ)" Кафедра "АиУ"			
Утв.		Казаринов Л.С.						

