

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление 09.04.04 – Программная инженерия
Магистерская программа Управление разработкой программного обеспечения

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

«_____» _____ 2017г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Разработка экспертной системы для диагностики автомобильных неисправностей

Исполнитель
магистрант группы 557 ом

П.А. Гетман

Руководитель
доцент, канд.техн. наук

Л.А. Соловцова

Руководитель
магистерской программы
профессор, д-р техн. наук

Е.Л. Еремин

Нормоконтроль
доцент, канд. физ.-мат. наук

В.В. Еремина

Рецензент

Рецензент

Благовещенск 2017

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит -60 страниц, 15 рисунков, 24 таблицы, 40 источников. Структура магистерской диссертации состоит из трех разделов: «Предметная область проводимого исследования», «Аппаратно-Программное обеспечения решения задач», «Практические результаты исследования».

ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ, СКАНИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ELM 327, БАЗА ДАННЫХ, БАЗА ЗНАНИЙ, ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА, СЛУЖБЫ DQS, КОДЫ ОШИБОК, VISUALSTUDIO, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СУЩНОСТЬ, АТТРИБУТ, DLC, OBDII

Актуальность применения экспертных систем для диагностики автомобильных неисправностей, обусловлена внедрением в автомобили высоко компьютеризированных систем, такие как электронные блоки управления, обеспечивающие взаимодействие различных систем автомобиля при помощи электроники. Поиск неисправностей в подобных автомобилях представляет большую сложность, а так же требует наличия специального оборудования для доступа к внутренним ресурсам автомобиля.

Практическая значимость заключается в разработке доступной экспертной системы для диагностики автомобильных неисправностей, решающая поставленную задачу как локально, так и удалённо.

Научная новизна заключается в использовании новых инструментов для создания экспертной системы.

Выполнение работы выполняется в 3 этапа.

Первым этапом является: исследование предметной области, обзор существ-

					ВКР.155508.09.04.04.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Гетман П.А.			РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Еремина В.В.				У	2	60
Н. контр.		Еремина В.В.				АмГУ кафедра ИУС		
Зав. каф.		Бушманов А.В.						

вующих методов решения рассматриваемой задачи, системный анализ их достоинств и недостатков.

Вторым этапом является: описание аппаратной и программной части решаемой задачи, общее описание алгоритмов, а так же разработка базы данных и базы знаний.

Третьим этапом является: описание практических результатов исследования.

					ВКР.155508.09.04.04.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Гетман П.А.			РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		Еремин Е.Л.				У	2	60
<i>Н. контр.</i>		Еремина В.В.				АмГУ кафедра ИУС		
<i>Зав. каф.</i>		Бушманов А.В.						

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей дипломной работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 19.001-77 ЕСПД Общие положения;

ГОСТ 19.004-80 ЕСПД Термины и определения;

ГОСТ 19.101-77 ЕСПД Виды программ и программных документов;

ГОСТ 19.102-77 ЕСПД Стадии разработки;

ГОСТ 19.103-77 ЕСПД Обозначение программ и программных документов;

ГОСТ 19.104-78 ЕСПД Основные надписи;

ГОСТ 19.105-78 ЕСПД Общие требования к программным документам;

ГОСТ 19.106-78 ЕСПД Требования к программным документам, выполненным печатным способом;

ГОСТ 19.401-78 ЕСПД Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.

ISO15031-5E/E Diagnostic Test Modes

ISO 9141-2 Road vehicles — Diagnostic systems, CARB requirements for interchange of digital information

ISO 14230-4 Road vehicles — Diagnostic systems — Keyword Protocol 2000, Requirements for emission-related systems

ISO 15765-4 Road vehicles — Diagnostics on Controller Area Networks (CAN), Requirements for emissions-related systems

SAE J1962 Vehicle Connector, Type A

SAE J1850 PWM, Pulse Width Modulated

SAE J1850 VPW, Variable Pulse Width

SAE J1979 E/E Diagnostic Test Modes

SAE J2012 Diagnostic Trouble Codes

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		6

СОЖЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Предметная область проводимого исследования	9
1.1 Обзор существующих методов решения рассматриваемой задачи	9
1.2 Системный анализ их достоинств и недостатков	10
1.3 Общая характеристика выделяемых функциональных подсистем	11
2 Аппаратно-Программное обеспечение решения задач	13
2.1 Аппаратная часть решения	13
2.2 Программная часть решения	15
2.3 Общее описание алгоритмов	18
2.4 Разработка базы данных	20
2.5 Разработка базы знаний	31
3 Практические результаты исследования	36
Заключение	58
Библиографический список	59

ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей дипломной работе использованы следующие сокращения:

БД – база данных.

БЗ – база знаний.

СУБД – система управления базами данных.

ЭБУ – электронный блок управления.

ЭС – экспертная система.

DLC – Diagnostic Link Connector.

DQS – Data Quality Services.

OBD – On-Board Diagnostic.

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		6

ВВЕДЕНИЕ

Количество проданных новых автомобилей (возрастом не старше 3-х лет) за последние 15 лет увеличилось более чем на 30%. В период с 2004 по 2006 год было продано 2973620 новых легковых авто, а в период с 2010 по 2012 года было продано 4393507 новых автомобилей. В связи с этим встает вопрос грамотного технического обслуживания и ремонта таких автомобилей, поэтому тема диссертационного исследования является актуальной.

С течением времени, в автомобилях используются все более сложные компьютеризированные системы управления, которые требуют от обслуживающего персонала внедрение новых средств диагностического контроля и тестирования. Если на заре зарождения и формирования диагностического процесса, специалисту для тестирования было достаточно всего лишь наличия тестера и контрольной лампы, то в настоящее время, ему уже необходимы новые методы, новые решения и новые инструменты. Порой, даже наличие дорогостоящего дилерского оборудования, не в состоянии решить часть проблем, которые могут возникнуть в реальной практике диагноста. Ибо, современный автомобиль, это не просто транспортное средство, но достаточно сложная многоплановая структура, которая отнюдь не ограничивается системами движения, но включает в себя дополнительное оснащение, комфортабельность, безопасность, автономный сервис, досуг и многое другое. То есть, автомобиль сегодняшнего дня, является сложнейшим комплексом отдельных автономных систем на основе вычислительных средств управления, собранных вместе в одном изделии и связанных между собой воедино, решением частных задач для совместного и согласованного выполнения основной цели. Идеология производителя основана на том, что каждая автономная система управления должна быть снабжена собственными средствами контроля, управления и диагностики, на основе бортового компьютера. Именно компьютером, его “интеллектуальностью”, вычислительной мощностью и качеством реализуемых им алгоритмов управления, определяется весь

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		7

список решаемых им задач и функциональность системы, на данный момент развития всей сферы автомобилестроения.

Появление новых автомобилей, новых систем управления, новых реализаций, введение новых потребительских функций и расширение сервисных услуг, требует изменения отношения человека к процедурам тестирования и диагностики.

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		8

1 ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ ПРОВОДИМОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Обзор существующих методов решения рассматриваемой задачи

Современные автомобили имеют в своем устройстве электронные блоки управления (ЭБУ), которые непосредственно взаимодействуют с различными системами автомобиля, посредством установленным на них датчиках. Наиболее серьезные ошибки выводятся на приборную панель автомобиля, но при этом приборное табло обладает малой информативностью – оно только говорит о выходе из строя какого-либо оборудования. Более детально со списком неисправностей можно ознакомиться после подключения к ЭБУ специальных устройств сопряжения – сканеров.

Существует несколько классификаций таких сканеров:

1) По способу передачи данных различают беспроводные сканеры, работающие по протоколам Wi-Fi и Bluetooth(соответственно «eml327wf» и «eml327bt») и проводные сканеры, работающие через USB-соединение(«Launch X431 iDiag»).

2) По способу взаимодействия с ЭБУ различают пассивные и активные сканеры. Пассивные сканеры(«eml327wf») только считывают сохраненные в ЭБУ коды ошибок, а активные сканеры («LaunchCreaderProfessional 129») используют обратную связь с авто, то есть они могут формулировать дополнительные запросы к ЭБУ. Оба типа сканеров(активные и пассивные) позволяют исправлять(удалять) коды ошибок, при этом список объектов воздействия активных сканеров существенно больше(поддерживается большее число используемых датчиков).

Информация, снятая со сканеров, передается на устройство обработки. В качестве таких устройств могут использоваться смартфоны, планшеты, ноутбуки, а так же специализированное оборудование.

Для обработки полученной информации используются различные информационные системы разной степени сложности:

					ВКР.155508.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		9

1) Получатели кодов ошибок – предоставляют пользователю только информацию о сохраненных в ЭБУ кодах ошибок. В основном работают с пассивными сканерами, а программное обеспечение подгружается на смартфон(планшет, ноутбук) из интернета. Как правило, данное ПО бесплатно.

2) Расшифровщики кодов ошибок – могут работать как с активными, так и с пассивными сканерами и кроме кодов ошибок производят их краткую расшифровку. Большая часть программного обеспечения расшифровщиков бесплатно, однако существуют и платные версии(как правило это ПО продается пользователям определенных моделей автомобилей и может стоить до 10000 рублей – единоразовый платеж).

3) Базы знаний (БЗ), используемые производителями автомобильной техники и реализованные в специализированном оборудовании. Стоимость данного оборудования вместе с базой знаний составляет несколько миллионов рублей.

4) БЗ, устанавливаемые на обычные персональные компьютеры (ноутбуки). Использование таких баз знаний требует ежегодного продления лицензий, обычно стоимость продления лицензии составляет от 10 до 20 тысяч рублей в год.

1.2 Системный анализ их достоинств и недостатков

В основе разрабатываемой Экспертной Системы(ЭС) лежит база знаний, хранящаяся на веб-сервере, а клиентская база данных, содержащая данные о техническом обслуживании и ремонте автомобилей конкретных клиентов содержится в локальной базе данных. На основе совокупности данных об автомобиле клиента(возраст, пробег, техническое состояние, показание датчиков, коды ошибок) формируется запрос к базе знаний, расположенной на сервере. База знаний на основе существующих в ней правил и полученных от клиента данных формирует ответ с рекомендациями о порядке проведения технического обслуживания и ремонта автомобиля. При необходимости ЭС должна предоставлять пользователям не только конечное решение проблемы, но и показывать логику принятия решения.

Основными функциями предлагаемой ЭС являются:

					ВКР.155508.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		10

- 1) Прием информации со сканеров
- 2) Расшифровка кодов ошибок
- 3) Поиск неисправности по совокупности кодов ошибок и дополнительной информации
- 4) Реализация базы знаний, содержащей возможные пути устранения неисправностей и формирования последовательности получения правильного решения проблемы
- 5) Сбор статистики о состоянии автомобиля в период его эксплуатации, контроль состояния автомобиля
- 6) Прогнозирование возможных неисправностей, в зависимости от показаний датчиков, пробега и возраста автомобиля.
- 7) Возможность расширения функционала ЭС (Увеличение БД Автомобилей, расширение списка моделей и т.д.), а так же расширение БЗ за счет добавления прецедентных случаев

Существующие на рынке программные продукты реализуют только первые 5 пунктов предлагаемой ЭС, примером может служить информационная система «MotorData». Основными недостатками подобных систем является отсутствие обратной связи между потребителями и разработчиками ИС. Так же стоит отметить необходимость ежегодного продления лицензии, стоимость которой зависит от моделей автомобилей и составляет в среднем 11000 рублей.

Таким образом, по сравнению с существующими на рынке программно-аппаратными продуктами, предлагаемая ЭС обладает большим числом функций, возможностью к расширению как функционала, так и объема БЗ (добавление новых правил и прецедентов). Наконец разрабатываемая ЭС предлагается быть бесплатной и ее существование предполагается за счет рекламы.

1.3 Общая характеристика выделяемых функциональных подсистем

Разрабатываемая экспертная система характеризуется следующими подсистемами:

- Подсистема, организующая связь с адаптером ELM327 на основе прото-

					ВКР.155508.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		11

кола Bluetooth;

– Подсистема, организующая обмен данными между адаптером ELM327 и ЭБУ автомобиля;

– Подсистема для сбора данных об ошибках, сохраненных в ЭБУ автомобиля;

– Подсистема, реализующая расшифровку кодов ошибок, полученных из ЭБУ;

– Подсистема, реализующая поиск неисправности автомобиля на основе расшифрованных кодов ошибок;

– Подсистема сбора статистики о состоянии автомобиля в период эксплуатации;

– Локальная база данных, содержащая данные о техническом обслуживании и ремонте автомобилей конкретных клиентов;

– Подсистема связи клиентской части программы с удаленным сервером;

– База знаний, расположенная на удаленном сервере;

– Подсистема, реализующая связь с удаленной базой знаний;

– Подсистема, обеспечивающая работу с базой знаний;

– Подсистема прогнозирования возможных неисправностей;

– Подсистема расширения функционала экспертной системы;

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		12

2 АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

2.1 Аппаратная часть решения

Аппаратная часть представлена сканирующим устройством EML327, а также автомобилем ToyotaCorollaFielder 2011 года выпуска.

Elm327 - это микросхема, преобразующая ряд автомобильных протоколов диагностики OBD-2 в стандарт RS-232. Устройство предназначено для работы в качестве простейшего сканера и имеет возможность принимать и посылать любые сообщения/команды OBD II, определенные в спецификации SAE J1979 для любого из трех типов реализации шины OBD II (PWM, VPW и ISO 9141-2).

Контроллер elm327 позволяет:

Читать диагностические коды ошибок, как стандартные, так и специализированные коды производителя

Производить очистку ошибок и выключать MIL (надпись «CheckEngine» на приборной панели).

Считывать значения различных автомобильных датчиков, включая:elm327

- Обороты двигателя
- Температура охлаждающей жидкости
- Нагрузка двигателя
- Состояние топливной системы
- Скорость движения автомобиля
- Мгновенный расход топлива
- Средний расход топлива
- Абсолютное давление воздуха
- Угол опережения зажигания
- Температура всасываемого воздуха
- Массовый расход воздуха
- Положение дроссельной заслонки
- и многие другие

Микросхема elm 327 представляет собой рiс-контроллер с прошивкой, разработанной канадской компанией Elmelectronics.

Технические параметры:

- Напряжение питания: 5V
- Ток (нормальный режим): 12mA
- Ток (режим ожидания): 0.15mA
- Скорость передачи RS232 до 500 Кбит/с
- Автоматическое определение диагностического протокола
- Возможность настройки с помощью AT-команд

Сканирующее устройство ELM 327 представлено на рисунке 1.



Рисунок1– Сканирующее устройство ELM 327.

Входные сигналы: (0 - 5 В)

- последовательный вход (19200 бит/с)
- PWM вход

					ВКР.155508.09.04.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

- VPW вход
- ISO 9141-2 вход

Выходные сигналы: (0 – 5 В)

- последовательный выход (19200 бит/с)
- PWM выход bus + (инверсный)
- PWM выход bus – (инверсный)
- VPW выход
- ISO 9141-2 L-line (инверсный)
- ISO 9141-2 K-line (инверсный)

2.2 Программная часть решения

В качестве программной среды разработки была выбрана VisualStudioProfessional 2015 с обновлением 3.

VisualStudioProfessional 2015— продукт компании Microsoft, включающий интегрированную среду разработки программного обеспечения и ряд других инструментальных средств. Данный продукт позволяет разрабатывать как консольные приложения, так и приложения с графическим интерфейсом, в том числе с поддержкой технологии WindowsForms, а также веб-сайты, веб-приложения, веб-службы как в родном, так и в управляемом кодах для всех платформ, поддерживаемых Windows, WindowsMobile, Windows CE, .NET Framework, Xbox, WindowsPhone .NET CompactFramework и Silverlight.

Требования к системе.

Поддерживаемые операционные системы:

- Windows 10
- Windows 8.1
- Windows 8
- Windows 7 спакетомобновления 1 (SP1)
- Windows Server 2012 R2
- Windows Server 2012
- WindowsServer 2008 R2 с пакетом обновления 1 (SP1)

Примечание. Для установки в системах Windows 8.1 и WindowsServer 2012 R2 требуется обновление 2919355 (также доступное в Центре обновления Windows).

Требования к оборудованию:

- Процессор с частотой 1,6 ГГц или более мощный.
- ОЗУ объемом 1 ГБ (1,5 ГБ для работы на виртуальной машине)
- 10 ГБ доступного пространства на жестком диске
- Жесткий диск с частотой вращения 5 400 об./мин
- Видеокарта с поддержкой DirectX 9 и разрешения дисплея 1024x768 или

выше

Дополнительные требования

Эта версия VisualStudio лучше всего работает с InternetExplorer 10 или более поздней версии. Некоторые функции могут работать непредвиденным образом, если не установлена эта или более поздняя версия.

Для разработки приложений для Магазина Windows и универсальных приложений для Windows:

- Windows 8.1 и WindowsPhone 8.1, а для разработки — Windows 8.1 с обновлением или более поздней версии.
- Для разработки приложений WindowsPhone 8.0 требуется обновление Windows 8.1 (x64) или более поздней версии.
- Для поддержки эмулятора (Windows или Android) требуются выпуски Windows 8.1 (x64) Профессиональная или более поздняя версия либо Windows 10 Профессиональная или Корпоративная (x64). Также требуется процессор, который поддерживает клиент Hyper-V и преобразование адресов второго уровня (SLAT).

В качестве языка программирования для разработки был выбран C#.

Visual C# — это реализация языка C# корпорацией Майкрософт. Поддержка Visual C# в VisualStudio обеспечивается с помощью полнофункционального редактора кода, компилятора, шаблонов проектов, конструкторов, мас-

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		16

теров кода, мощного и удобного отладчика и многих других средств.

В качестве СУБД была выбрана Microsoft SQL Server 2008 R2

Требования к аппаратному обеспечению:

Минимальные:

- Процессор Intel (или совместимый) Pentium III 1000 МГц или выше;
- Память: 512 МБ или более;
- Жесткий диск: 20 ГБ или более.

Рекомендуемые:

- Процессор: IntelCore i7 3000 МГц или выше;
- Память: 4 ГБ или более;
- Жесткий диск: 100 ГБ или более.

Требования к программному обеспечению

Необходимо наличие установленных пакетов:

- Microsoft .NET Framework 3.5 SP1 (в Windows 7 и Server 2008 R2 просто включить в списке компонентов ОС);
- WindowsInstaller 4.5 (в Windows 7 и Server 2008 R2 входит в состав ОС);
- WindowsPowerShell 1.0 (в Windows 7, Server 2008 и Server 2008 R2 входит в состав ОС).

Поддерживаемые операционные системы:

- Windows XP SP3,
- Windows Server 2003 SP2,
- Windows Vista SP2,
- Windows Server 2008 SP2,
- Windows 7,
- Windows Server 2008 R2.

2.3 Описание алгоритмов

Алгоритм работы программы представлен на рисунке 2.

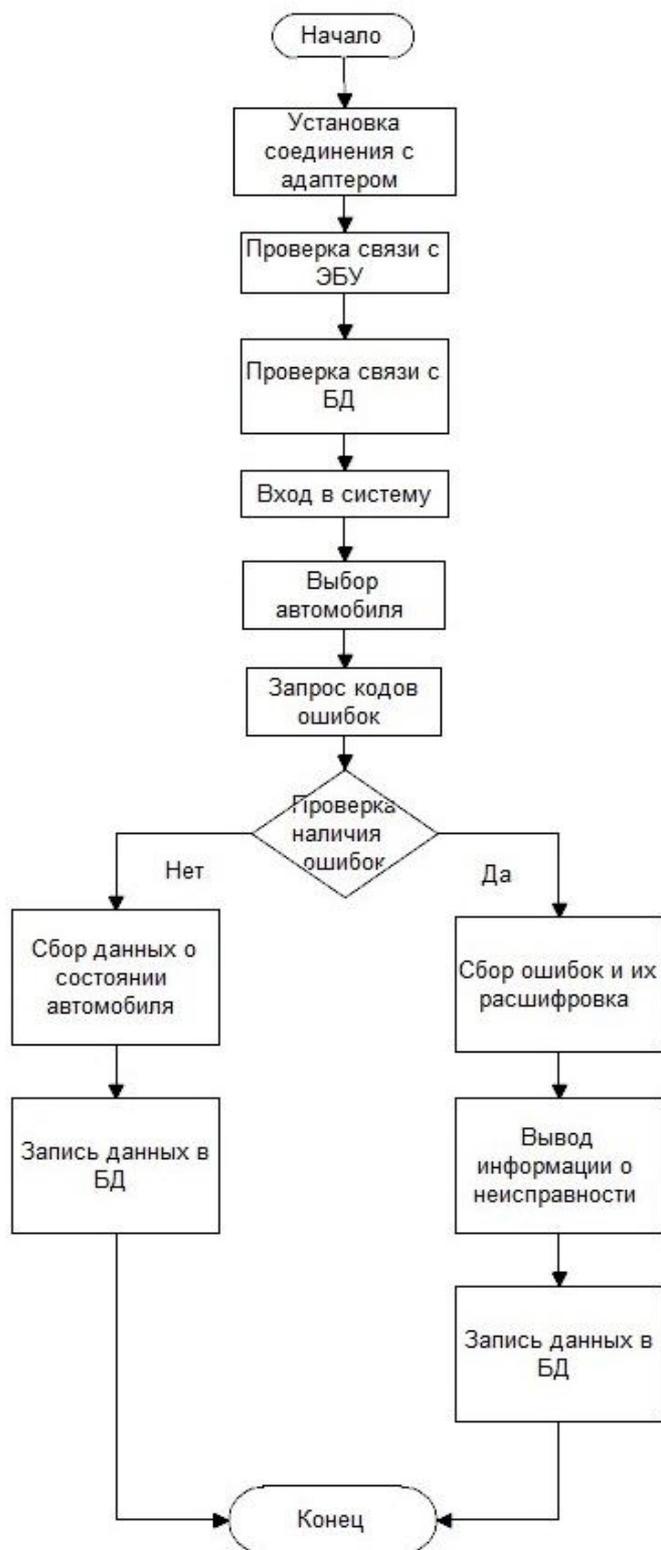


Рисунок 2– Алгоритм работы программы

Перед началом работы необходимо подключить Адаптер ELM327 к диагностическому разъему автомобиля и включить зажигание.

Типовая схема применения устройства для диагностики автомобилей заключается в использовании ПК в качестве хоста. Обмен данными происходит по последовательному порту со скоростью 19200 бит/с. Последовательный выход схемы представляет собой сигнал от 0 до 5 В. Последовательный вход ограничен по току, то есть имеется возможность подавать на вход практически любые по напряжению сигналы. Схема «слушает» сообщения, обрабатывает запросы и передает результаты на хост. Затем сразу ожидает следующее сообщение. Обмен происходит посылками нескольких байтов. Первый байт называется контрольным. Обычно контрольный байт представляет собой число от 0 до F (шестнадцатеричная система), которое означает сколько байтов будет передано за контрольным байтом. Например, если значение контрольного байта 03h, то последовательность будет иметь вид: 03, байт 1, байт 2, байт3. Этот метод используется для распознавания информации в системах OBD, и для отправки ответных сообщений в ЭБУ. Для этих целей используются только младшие 4 бита контрольного байта, т.к. старшие биты зарезервированы для специальных команд и ответов. Старшие биты предназначены для контроля установления соединения между хостом и микроконтроллером, для выбора протокола и для возврата информации об успешном или неудачном соединении. К примеру, если операция обмена данными прошла успешно, то все старшие 4 бита контрольного байта будут установлены в 0.

После подключения сканера к разъему диагностики автомобиля и хост-компьютеру происходит инициализация, в виде специальной посылки. Это является простым методом для определения факта подключения. Первая операция – это посылка одиночного байта 20h. Это команда «говорит» микроконтроллеру о начале коммуникации. Микроконтроллер не возвращает данную посылку, но передает в ответ FFh. С этого момента микроконтроллер ожидает получения данных.

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		19

Выбор протокола осуществляется путем послыки контрольного байта 41h, за которым следует байт выбора протокола обмена: 0h=VPW, 1h=PWM, 2h=ISO 9141.

Автомобили производства фирмы Toyota используют протокол ISO 9141, соответственно для выбора нужного протокола необходимо отправить команду 41h 02h, что и будет означать выбор протокола ISO 9141.

Микроконтроллер отвечает контрольным байтом и байтом статуса, который определяет внутренние условия. Если инициализация успешна, то контрольный байт будет 01h, который показывает, что будет следовать один байт статуса.

В случае успешного соединения с ЭБУ автомобиля происходит проверка соединения с базой данных, если соединение установлено, то осуществляется переход к основному окну программы.

В основном окне программы реализована возможность запроса кодов ошибок ЭБУ по конкретному автомобилю, посредством обращения к сканеру и запросов к базе данных, формируемых на основе данных об ошибках, а так же формирование возможных вариантов ремонта автомобиля на основе данных о состоянии авто.

2.4 Разработка базы данных

Из исследования предметной области было выяснено, какие сущности необходимы для построения информационной базы данных. Все сущности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Спецификация сущностей

Название сущности	Описание сущности	Количество экземпляров
1	2	3
Auto	Содержит информацию о конкретном автомобиле	100
Comparison	Служебная таблица сравнения	30

1	2	3
	неисправности автомобиля с эталонными значениями	
Complectation	Содержит информацию о комплектациях автомобилей	500
Engine	Содержит информацию о различных моделях двигателей	150
Error_codes	Содержит информацию о кодах ошибок, считываемых с ЭБУ автомобиля	1000
Error_Full_Name	Содержит расшифровки кодов ошибок	1000
Hull	Содержит информацию о кузовах автомобилей	250
Malfunction	Содержит информацию о неисправностях автомобилей	150
Malfunction_Reference	Содержит информацию об эталонных неисправностях автомобилей	50
Malfunction_Status	Содержит информацию о текущих неисправностях автомобилей	20
Manufacturer	Содержит информацию о производителях автомобилей	100
Model	Содержит информацию о моделях автомобилей	200
Status_auto	Содержит информацию о текущих пробегах автомобилей	20
Status_auto_reference	Содержит информацию обэта-	50

1	2	3
	лонных пробегах автомобилей	
Transmission	Содержит информацию о различных моделях трансмиссий	100
Unit	Содержит информацию о структурных элементах автомобиля	10

Атрибуты сущности Auto представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Атрибуты сущности Auto

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Auto_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	12
Complectation_id	Код комплектации	от 1 до 999	-	7
Vin	Vin номер автомобиля	-	-	KL1UF 756E6B1 95928

Атрибуты сущности Comparison представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Атрибуты сущности Comparison

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
1	2	3	4	5
<u>Comparison</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	3
MS_id	Код неисправности	от 1 до 999	-	1
MDR_id	Код эталонной неисправности	от 1 до 999	-	1

1	2	3	4	5
Description	Описание неисправности и пути ее устранения	-	-	Автомобиль в полном порядке

Атрибуты сущности Complectation представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Атрибуты сущности Complectation

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Complectation_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	6
Hull_id	Код кузова	от 1 до 999	-	1
Engine_id	Код двигателя	от 1 до 999	-	18
Transmission_id	Код трансмиссии	от 1 до 999	-	14
Complectation_name	Наименование комплектации	-	-	X
Complectation_year	Год производства	-	-	2007

Атрибуты сущности Engine представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Атрибуты сущности Engine

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
1	2	3	4	5
<u>Engine_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	3

Firm_id	Код производителя	от 1 до 999	-	1
Engine_name	Наименование двигателя	-	-	1ZZ-FE
Engine_year	Год производства двигателя	-	-	2001

Атрибуты сущности Error_codes представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Атрибуты сущности Error_codes

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Error_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	70
Firm_id	Код производителя	от 1 до 999	-	1
Error_name	Наименование ошибки	-	-	P1034

Атрибуты сущности Error_Full_Name представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Атрибуты сущности Error_Full_Name

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>1</u>	2	3	4	5
<u>Error_Full_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	30
Error_id	Код ошибки	от 1 до 999	-	30
Unit_id	Код структурного элемента авто	от 1 до 999	-	3
Error_Full_Name	Расшифровка кода ошибки	-	-	Автомобиль

1	2	3	4	5
				в полном порядке

Атрибуты сущности Hull представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Атрибуты сущности Hull

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Hull_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	17
Firm_id	Код производителя	от 1 до 999	-	3
Model_id	Код модели	от 1 до 999	-	24
Hull_name	Наименование кузова авто	-	-	AE110
Hull_year	Год производства кузова	-	-	1997

Атрибуты сущности Malfunction представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Атрибуты сущности Malfunction

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
1	2	3	4	5
<u>Malfunction_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	7
Error_Full_id	Код ошибки	от 1 до 999	-	34
Complectation_id	Код комплектации	от 1 до	-	4

1	2	3	4	5
		999		
Malfunction	Описание неисправности	-	-	Плавающие
Repair_recomendation	Рекомендации по ремонту	-	-	Очистить дроссельную заслонку

Атрибуты сущности Malfunction_Reference представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Атрибуты сущности Malfunction_Reference

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>MDR_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	3
Malfunction_id	Код неисправности	от 1 до 999	-	46
Status_id_ref	Код эталонного состояния авто	от 1 до 999	-	14

Атрибуты сущности Malfunction_Status представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Атрибуты сущности Malfunction_Status

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
1	2	3	4	5
<u>MS_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	5
Malfunction_id	Код неисправности	от 1 до 999	-	46

1	2	3	4	5
Status_id	Код состояния авто	от 1 до 999	-	12

Атрибуты сущности Manufacturer представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Атрибуты сущности Manufacturer

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Firm_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	2
Firm_name	Наименование производителя	-	-	Nissan

Атрибуты сущности Model представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Атрибуты сущности Model

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Model_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	16
Firm_id	Код производителя	от 1 до 999	-	2
Model_name	Наименование модели авто	-	-	Expert
Model_year	Год производства модели	-	-	2004

Атрибуты сущности Status_auto представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Атрибуты сущности Status_auto

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5
<u>Status_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	3
Auto_id	Код автомобиля	от 1 до 999	-	14
Milleage	Пробег авто	-	-	124352
Milleage_engine_oil	Последняя замена масла в двигателе	-	-	122543
Milleage_transmission_oil	Последняя замена масла в трансмиссии	-	-	104352
Milleage_cooling_fluid	Последняя замена охлаждающей жидкости	-	-	88652
Milleage_brake_fluid	Последняя замена тормозной жидкости	-	-	104352
Milleage_brakes	Последняя замена тормозных колодок	-	-	104352
Milleage_sparking_plug	Последняя замена свечей зажигания	-	-	104352
Battery_check	Снимался ли аккумулятор	-	-	Yes

Атрибуты сущности Status_auto_reference представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Атрибуты сущности Status_auto_reference

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Status_id_ref</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	3
Auto_id	Код автомобиля	от 1 до 999	-	14
Milleage	Пробег авто	-	-	124352
Milleage_engine_oil	Последняя замена масла в двигателе	-	-	122543
Milleage_transmission_oil	Последняя замена масла в трансмиссии	-	-	104352
Milleage_cooling_fluid	Последняя замена охлаждающей жидкости	-	-	88652
Milleage_brake_fluid	Последняя замена тормозной жидкости	-	-	104352
Milleage_brakes	Последняя замена тормозных колодок	-	-	104352
Milleage_sparking_plug	Последняя замена свечей зажигания	-	-	104352
Battery_check	Снимался ли аккумулятор	-	-	Yes

Атрибуты сущности Transmission представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Атрибуты сущности Transmission

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Transmission_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	70
Firm_id	Код производителя	от 1 до 999	-	32
Transmission_name	Наименование трансмиссии	-	-	V161
Transmission_year	Год производства трансмиссии	-	-	2008

Атрибуты сущности Unit представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Атрибуты сущности Unit

Название атрибута	Описание атрибута	Диапазон значений	Единица измерения	Пример
<u>Unit_id</u>	Индивидуальный код	от 1 до 999	-	1
Error_id	Код ошибки	от 1 до 999	-	18
Unit_name	Наименование структурного элемента авто	-	-	Моторный отсек

Схема базы данных представлена на рисунке 3.

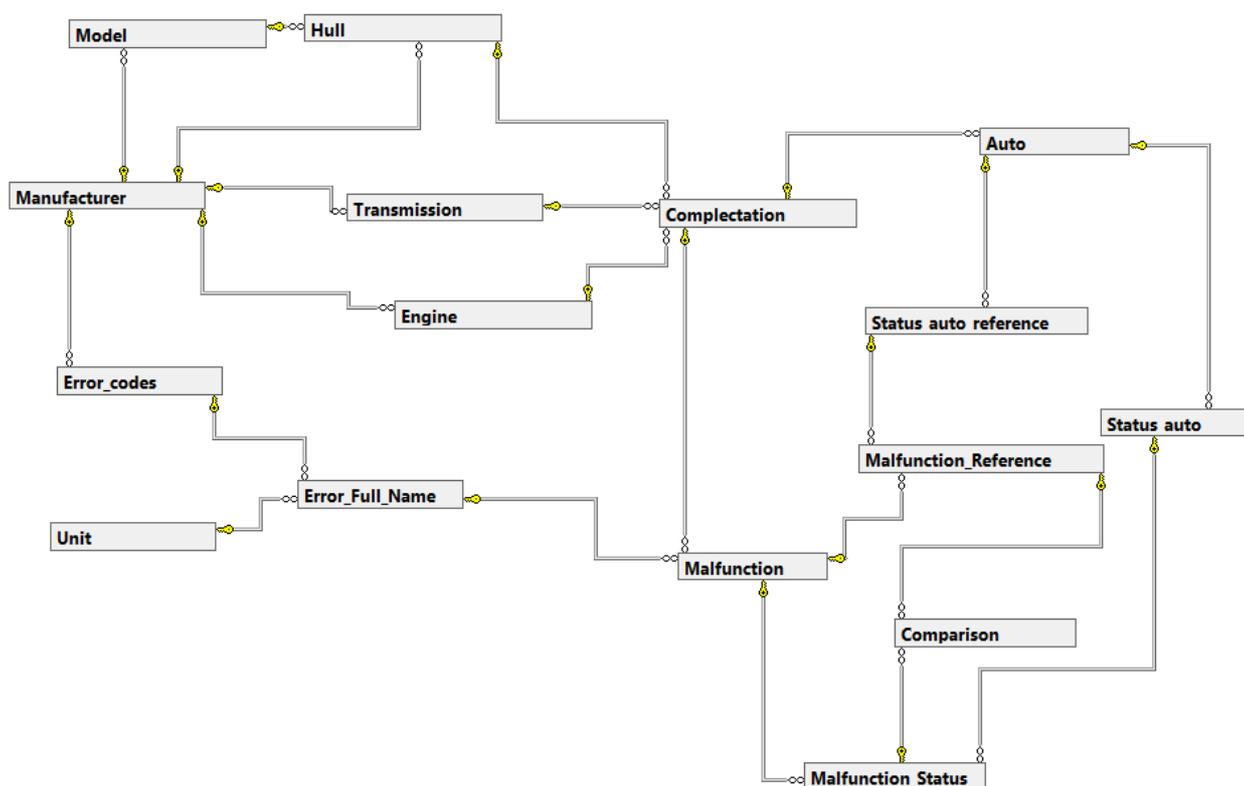


Рисунок 3– Схема базы данных

2.5 Разработка базы знаний

Чтобы подготовить знания для проекта качества данных, строится и ведется база знаний, которая используется DQS для выявления неверных или недопустимых данных. DQS позволяет использовать автоматические и интерактивные процессы для создания, построения и обновления базы знаний. Знания в базе знаний хранятся в доменах, каждый из которых относится к некоторому полю данных. База знаний является репозиторием знаний о данных, который дает представление о данных и помогает поддерживать их целостность.

Диспетчер данных использует приложение Клиент DataQuality для выполнения автоматизированных действий и контроля над ними, а также для выполнения интерактивных шагов.

На рисунке 4 показаны различные компоненты в базе знаний и домене в DQS

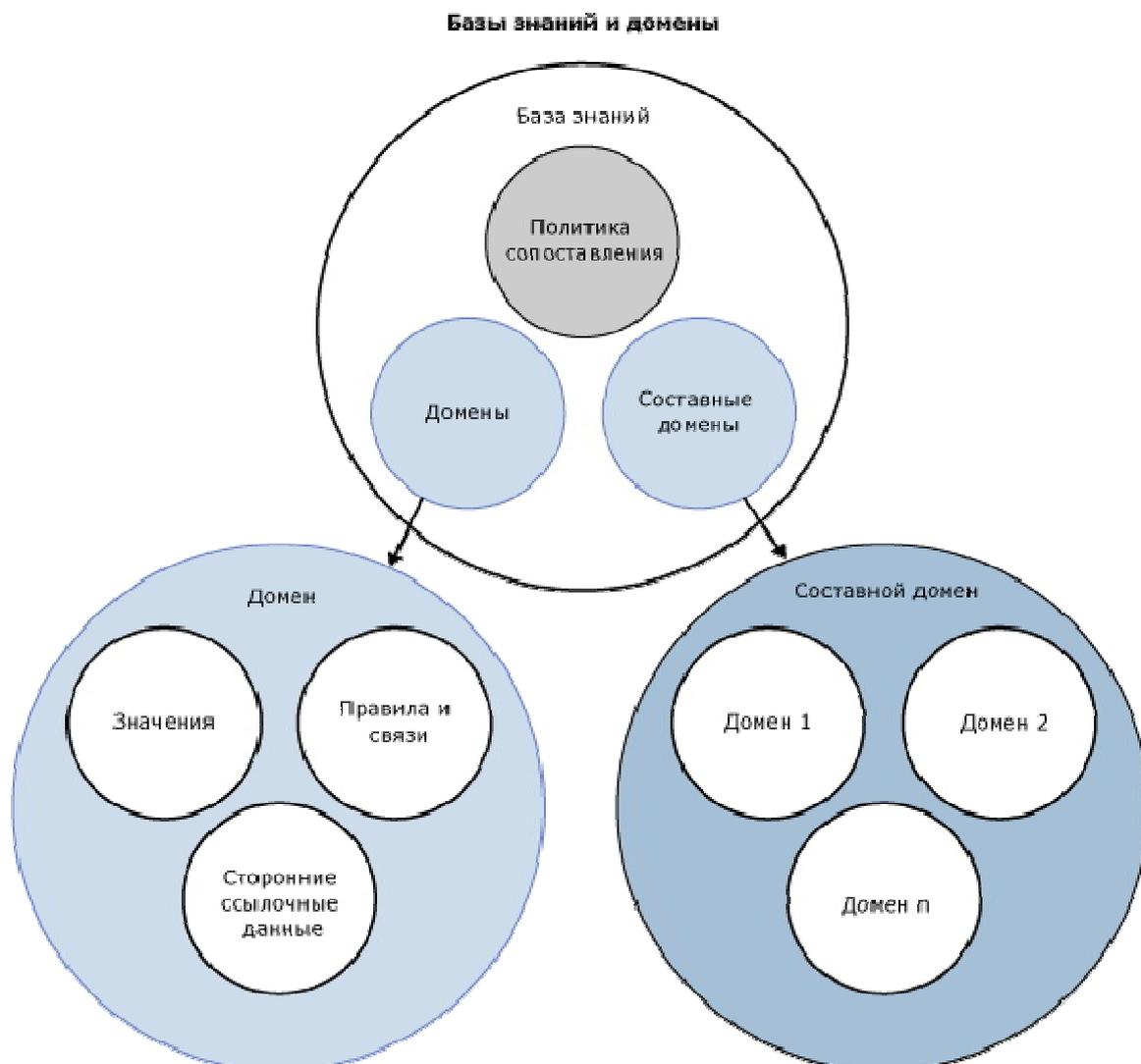


Рисунок 4 – База знаний и домены в DQS

Диспетчер данных готовит процесс к обработке. Он связывает базу знаний с таблицей или представлением в базе данных SQL Server, где находится образец данных, схожий с тем, который будет базой знаний для анализа. Диспетчер данных сопоставляет домен базы знаний с каждым столбцом образца данных, который будет анализироваться. Домен может быть отдельным, который сопоставляется с отдельным полем, или составным, который состоит из нескольких отдельных доменов, каждый из которых сопоставлен с частью данных в отдельном поле. Когда запускается обнаружение знаний, службы DQS извлекают из

образца данных сведения о данных и помещают их в домены в базе знаний. После анализа обнаружения знаний создается база знаний, с помощью которых вы можете выполнять исправление данных.

База знаний DQS является расширяемой. В рамках операции обнаружения знаний можно интерактивно добавлять знания в базу знаний после автоматического анализа обнаружения знаний. Вы можете вручную добавлять изменения в значениях и импортировать значения доменов из файла Excel. Кроме того, можно выполнять процесс обнаружения знаний позднее, когда изменятся данные примеров. Вы можете применять дополнительные знания в рамках операции управления доменами и операции сопоставления данных.

Процесс обнаружения набора знаний не обязательно выполнять на тех же данных, где будут вноситься исправления. Службы DQS обеспечивают гибкие возможности создания набора знаний из одного набора полей базы данных и применения этих знаний ко второму набору соответствующих данных, которые должны быть очищены. Диспетчер данных может создать новую базу знаний с нуля или на основе существующей базы знаний, а также импортировать базу из файла данных. Вы можете повторно выполнить обнаружение знаний в существующей базе знаний. Вы можете вести несколько баз знаний на одном сервере Сервер DQS. К одной базе знаний можно подключить несколько экземпляров приложения. Службы DQS предотвращают конфликты параллелизма, блокируя базы знаний для пользователя, который открывает сеанс управления знаниями в базе знаний.

Домен сопоставляется с полем источника данных и наполняется в ходе операций обнаружения знаний, управления доменами и сопоставления. Способ загрузки данных из источника данных и вывода данных в отчете определяется в свойствах домена. При использовании поставщика ссылочных данных для очистки данных к отдельному или составному домену присоединяется служба ссылочных данных. Пользователь создает правила, которые будут применяться к данным в домене, и отношения на основе терминов для домена. Данные в домене

вы можете просматривать и исправлять. Пример создания домена в службе DQS представлен на рисунке 5.

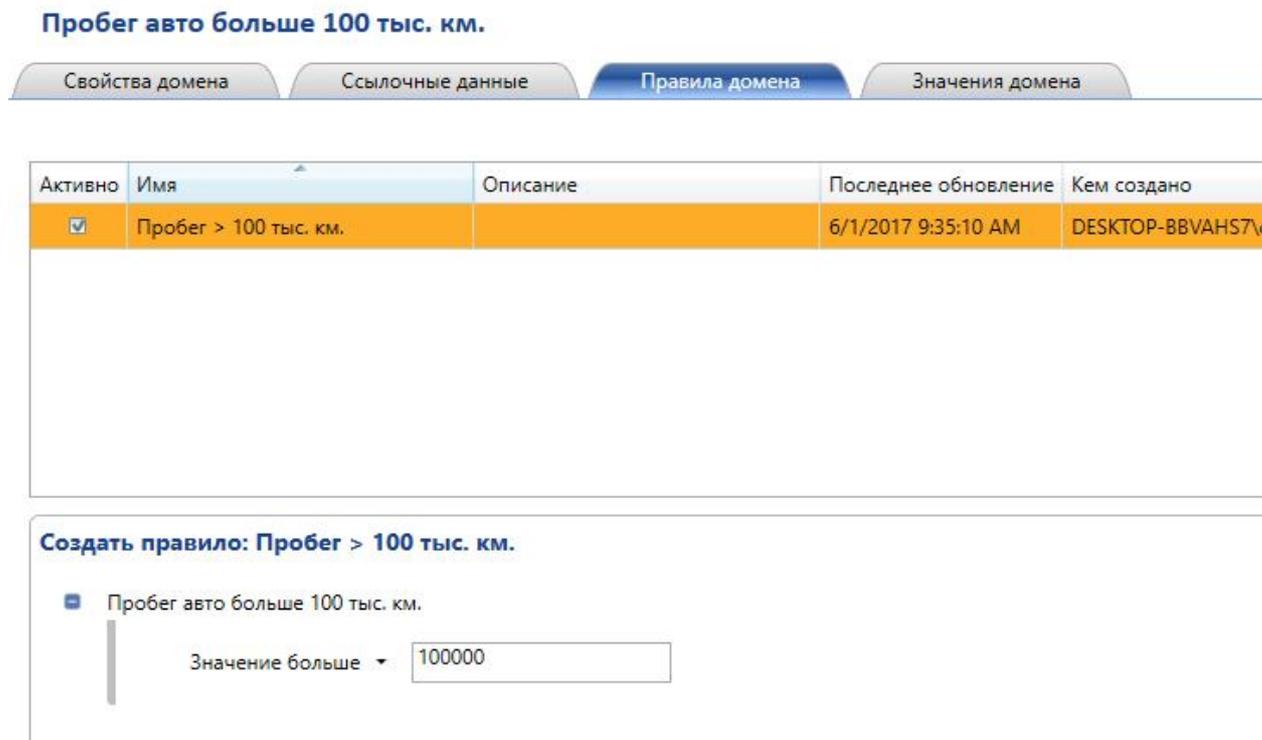


Рисунок 5 – Создание домена в DQS

Создание политики сопоставления выполняется в три этапа: процесс сопоставления, в котором определяется источник данных и домены сопоставляются со столбцами, процесс политики сопоставления, в котором создается одно или несколько правил сопоставления и проверяется каждое правило сопоставления в отдельности, а также процесс сопоставления результатов, в котором выполняются все правила сопоставления вместе, и при успешном выполнении политика добавляется в базу знаний. Все эти процессы выполняются на отдельной странице мастера операции политики сопоставления, что позволяет переходить от одной странице к другой, повторно запускать процесс, завершать конкретный процесс политики сопоставления и возвращаться на тот же этап процесса.

Пример сопоставления данных представлен на рисунке 6.

Источник данных:

База данных:

Таблица или представление:

Сопоставления:

Исходный столбец	Домен
Battery_check (varchar)	Проверка аккумулятора
Firm_name (varchar)	Любая марка
Mileage (int)	Пробег авто больше 100 тыс. км.

Рисунок 6 – Сопоставление данных в DQS

ЗПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Практическим результатом исследования является разработанная экспертная система, обеспечивающая работу со сканирующим устройством ELM 327, необходимым для снятия информации о кодах ошибок с автомобиля. Так же экспертная система для своей работы запрашивает информацию о состоянии автомобиля посредством графического интерфейса. Данная информация необходима для более точного определения типа неисправности.

Схема сканирующего устройства ELM 327 представлена на рисунке 7.

For UPW, PWM, and ISO 9141-2 vehicles

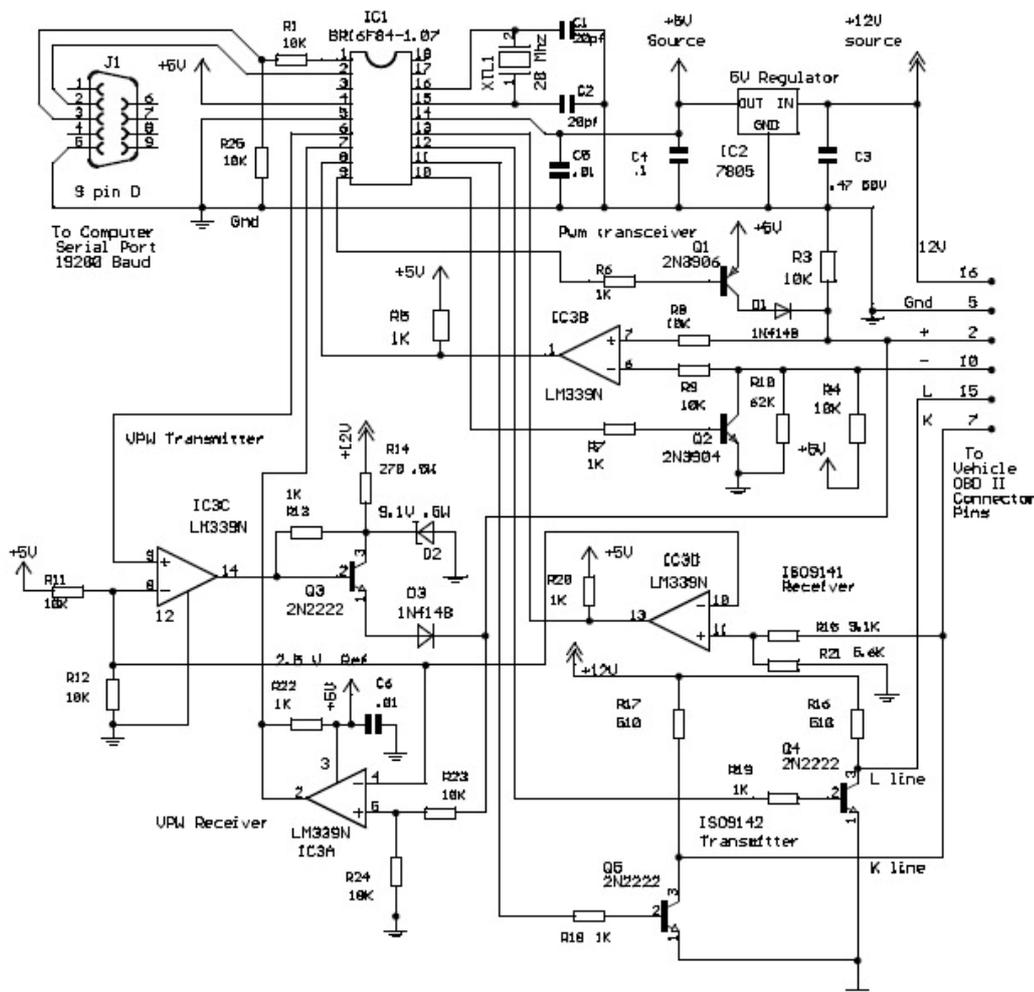


Рисунок 7 – Схема сканирующего устройства ELM327

Как видно из схемы, сканирующее устройство подключается к электронному блоку управления по протоколу OBDII, а сам разъем подключения называется DLC (DiagnosticLinkConnector). Данный разъем имеет в своем составе 16 контактов расположенных в 2 ряда по 8 штук в каждом. Расположение контактов, а так же габариты самого разъема регулируются стандартом SAE J1962. Разъем DLC начал вводиться в эксплуатацию начиная с 1996 года в автомобилях европейского и американского производства, в автомобилях азиатских производителей с 1997 года.

Схема расположения контактов в разъеме DLC представлена на рисунке 8.

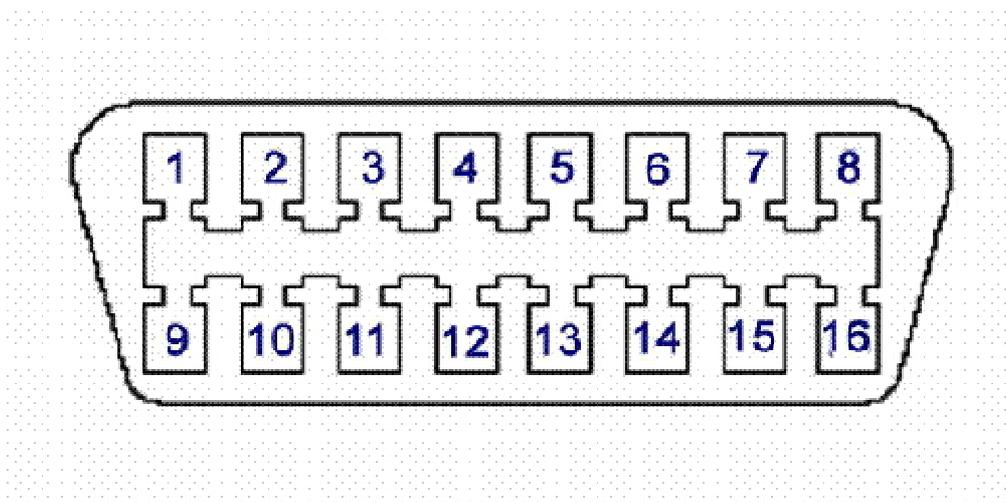


Рисунок 8 – Схема расположения контактов в разъеме DLC

Обозначения контактов разъема DLC приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Обозначения контактов разъема DLC

Номер контакта	Назначение
1	2
1	При включении зажигания питание +12в.
2	Шина +(BuspositiveLine)
3	Не определен
4	Заземление кузова
5	Сигнальное заземление

1	2
6	Линия CAN-Highвысокоскоростной шины CAN
7	K-Line
8	Не определен
9	Линия CAN-Lowнизкоскоростной шины CAN
10	Шина - (BusnegativeLine)
11	Не определен
12	Не определен
13	Не определен
14	Линия CAN-Low высокоскоростной шины CAN
15	L-Line
16	Питание +12в от аккумулятора

Контакты разъема DLC, которые не определены стандартом, могут быть использованы производителями автомобилей на свое усмотрение.

Развитие электронных блоков управления у различных производителей происходило по-разному, что, в свою очередь, привело к использованию различных протоколов обмена данными с ЭБУ.

Обычно для работы с ЭБУ, в зависимости от протокола обмена данными, необходимо использовать от 3-х до 6-ти контактов. Например, протокол SAE J1850 PWM, используемый в автомобилях производства компаний Ford, Jaguar и Mazda, подключается к контактам 2, 5, 10 и 16, а такие производители как Toyota, Hyundai и другие азиатские производители автомобилей используют протокол ISO 9141-2, что соответствует контактам 5, 7, 15 и 16.

Сканирующее устройство ELM 327 использует только с 6 контактов для своей работы, а именно 2, 5, 7, 10, 15 и 16, что в свою очередь ограничивает количество поддерживаемых протоколов обмена данными с ЭБУ. Сканирующее устройство ELM 327 поддерживает 5 протоколов. Поддерживаемые протоколы представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Поддерживаемые протоколы обмена данными

Номер протокола	Наименование
1	SAE J1850 PWM
2	SAE J1850 VPW
3	ISO 9141-2
4	ISO 14230-4 KWP
5	ISO 15765-4 CAN

Для работы со сканирующим устройством, его необходимо подключить в разъем DLC автомобиля, затем включить систему зажигания. Далее требуется подключить сканирующее устройство к компьютеру. Подключение к компьютеру может осуществляться различными способами: подключение по Wi-Fi, Bluetooth, USB или последовательному COM-порту. Причем, не имеет значения, каким образом сканирующее устройство подключается к компьютеру, оно всегда определяется как последовательный COM-порт, а различные виды подключений сделаны лишь для удобства использования данного сканирующего устройства.

Работа с подключенным сканирующим устройством может осуществляться в 2-х режимах:

- 1) Режим диалога со сканирующим устройством
- 2) Режим диалога с ЭБУ автомобиля

В режиме диалога со сканирующим устройством непосредственно задаются основные параметры работы устройства, выбираются протоколы обмена данными с ЭБУ автомобиля.

Диалог со сканером осуществляется при помощи AT-команд.

AT-команды – это набор команд, состоящий из серий коротких текстовых строк, которые объединяют вместе, чтобы сформировать полные команды операций. AT-команды, посылаемые устройству обязательно начинаются с символов AT за которыми следуют символы команды. Для удобства ввода команд, сканирующее устройство не различает регистр, а так же не воспринимает управляющие символы, такие как пробел, табуляцию и т.д.

В самом начале работы вводится команда AT Z, данная команда используется для сброса сканирующего устройства, всех его настроек в исходное состояние. Данная операция необходима для исключения возможных конфликтов.

Далее необходимо выбрать протокол, по которому сканирующее устройство будет взаимодействовать с ЭБУ автомобиля. Сделать это можно несколькими способами. Можно задать протокол, используя полную команду AT SP X, где символ X заменяется номером поддерживаемого сканирующим устройством протокола. Номера поддерживаемых протоколов приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Протоколы обмена данными

Номер протокола	Наименование
0	Автоматический выбор протокола
1	SAE J1850 PWM (41.6 Kbaud)
2	SAE J1850 VPW (10.4 Kbaud)
3	ISO 9141-2 (5 baudinit, 10.4 Kbaud)
4	ISO 14230-4 KWP (5 baud init, 10.4 Kbaud)
5	ISO 14230-4 KWP (fast init, 10.4 Kbaud)
6	ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 500 Kbaud)
7	ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 500 Kbaud)
8	ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 250 Kbaud)
9	ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 250 Kbaud)

Соответственно для протокола ISO 9141-2, будет использована команда ATSP 3.

Для удобства работы в программе используется автоматический выбор протокола. Чтобы автоматически выбрать протокол используется команда ATSP 0.

После выбора протокола можно приступить ко второму режиму работы сканирующего устройства, а именно к режиму диалога с ЭБУ автомобиля.

В этом режиме уже используются OBD-команды. Формат ODB-команд содержит ASCII символы – это цифры шестнадцатеричной системы 0-F.

Если данные полученные сканирующим устройством не начинаются с символов «АТ», то они рассматриваются сканирующим устройством как OBD-команды для ЭБУ. Каждая пара ASCII байт проверяется на предмет синтаксических ошибок, после чего сканирующее устройство в соответствии с текущим протоколом добавляет служебную информацию, формирует готовый пакет и затем весь пакет передает непосредственно в ЭБУ автомобиля.

Большинство OBD-команд состоят из одного-двух байт, но некоторые могут состоять из трех и более. Сканирующее устройство ELM 327 позволяет отправлять команду длиной до семи байт (14 шестнадцатеричных чисел), что является максимально допустимым стандартами числом.

При обнаружении синтаксической ошибки отправка сообщения в ЭБУ автомобиля не производится. В случае успешной отправки команды, сканирующее устройство перейдет в режим прослушивания ЭБУ на предмет возможных ответов и других сообщений. Если никаких сообщений не поступает, то сканирующее устройство передает сообщение «NODATA», что означает отсутствие активности в ЭБУ.

В соответствии со стандартами, любая группа посылаемых в ЭБУ данных должна удовлетворять OBD формату.

Первым байтом задается «режим», который всегда описывает тип и характер запрашиваемой информации, в то время как последующие байты используются для конкретизации данных. Эти байты называются PID-номерами– уникальными идентификаторами процесса.

Режимы и PID-номера описываются в стандартах SAEJ1979 и ISO 15031-5.

Данные режимы представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Режимы стандарта SAE J1979

Номер режима	Наименование
1	2
01	Получение текущих параметров работы системы

Продолжение таблицы 21

1	2
02	Получение сохраненных («замороженных») параметров работы системы
03	Считывание сохраненных кодов ошибок
04	Очистка кодов ошибок и сохраненных данных
05	Вывод результатов теста кислородных датчиков
06	Вывод результата теста непостоянно проверяемых датчиков
07	Вывод результата теста постоянно проверяемых датчиков
08	Режим управления некоторыми исполнительными механизмами авто
09	Вывод информации об автомобиле

Стандарт SAE J1979 допускает добавление производителями автомобилей дополнительных режимов и PID-номеров.

В любом режиме PID с номером 00 используется для вывода всех значений PID-номеров, которые поддерживаются в этом режиме на данном ЭБУ. Режим 01 с PID-номером поддерживается на всех автомобильных ЭБУ и если ввести эту команду, которая будет иметь вид 01 00, то типичным ответом от ЭБУ будет сообщение вида: 41 00 BE 1F B8 10.

В данном случае первый байт 41 означает ответ (обозначается первой цифрой 4) на запрос режима (обозначается второй цифрой 1). Второй байт 00 означает PID-номер. Следующие байты обозначают поддерживаемые PID-номера в этом режиме. Данная команда используется для проверки связи сканирующего устройства с ЭБУ автомобиля.

В случае запроса информации о серийном номере автомобиля ответ не помещается в рамки одной строки, так как по стандарту максимально допустимо всего 7 байт в каждой строке.

Для запроса серийного номера отправляется команда 09 с PID-номером 02.

Отклик на эту команду будет иметь следующий вид:

49 02 01 00 00 00 31

49 02 02 44 34 47 50

49 02 03 30 30 52 35

49 02 04 35 42 31 32

49 02 05 33 34 35 36

В данном случае в каждой строке первые 2 байта, так же как и в прошлом примере означает ответ (4) на режим (9) с PID-номером (02). Затем следует байт обозначающий номер строки(01-05). Оставшиеся байты в каждой строке и обозначают серийный номер автомобиля, однако, первыми идут дополняющие нули (00 00 00 в первой строке), так как серийный номер состоит из 17 символов.

Таким образом, получается номер, состоящий из ASCII символов: 31 44 34 47 50 30 30 52 35 35 42 31 32 33 34 35 36.

После перевода по таблице ASCII символов получаем номер: 1 D 4 G P 0 0 R 5 5 B 1 2 3 4 5 6, что соответствует стандартному 17-значному серийному номеру автомобиля.

Серийный номер автомобиля в дальнейшем используется в ЭС в качестве индивидуального номера автомобиля.

Следующим этапом является запрос кодов ошибок, сохраненных в ЭБУ автомобиля. При возникновении неполадок, обнаруженных ЭБУ, на приборной панели автомобиля загорается индикатор ошибок, однако этот индикатор указывает только на наличие самих ошибок без какой-либо конкретики.

Сначала требуется запросить общее количество ошибок. Для того чтобы узнать количество присутствующих ошибок необходимо перевести сканирующее устройство в режим 01 с PID-номером 01, т.е. отправить команду 01 01.

В случае если в ЭБУ присутствует одна ошибка, отклик будет следующим: 41 01 81 07 65 04. В этом случае первые 2 байта, как и в прошлых примерах, означает ответ (4) на режим (1) с PID-номером (01). 3 последних байта из 7 несут в себе информацию о типах тестов, поддерживаемые данным ЭБУ автомобиля.

Третий же байт как раз и несет в себе информацию о количестве ошибок.

Для того, чтобы узнать количество ошибок необходимо преобразовать полученное шестнадцатеричное число в десятичное и после отнять от полученного десятичного числа 128, т.е. $129-128=1$.

После получения общего числа ошибок можно переходить к запросу самих ошибок, сохраненных в ЭБУ автомобиля. Для этого необходимо перевести сканирующее устройство в режим 03. В случае запроса ошибок указывать PID-номер нет необходимости, а это значит что команда будет иметь вид 03

Откликом будет служить сообщение вида: 43 01 33 00 00 00 00. В данном случае первый байт будет означать ответ (4) на режим (3), а вот последующие байты нужно читать попарно, для того чтобы составить непосредственно код ошибки: 0133, 0000, 0000. В стандарте SAE J1979 коды 0000 не существуют, а значит, могут быть отброшены, итого код ошибки имеет вид: 0133.

Для дальнейшей расшифровки кода ошибки необходимо воспользоваться таблицей 22.

Таблица 22 – Первичная расшифровка кодов ошибок

Номер режима	Символы для подмены	Наименование
1	2	3
0	P0	Powetrain Codes(PC)-SAE defined
1	P1	PC-manufacturerdefined
2	P2	PC- SAE defined
3	P3	PC-jointlydefined
4	C0	Chassis Codes(CC) – SAE defined
5	C1	CC-manufacturerdefined
6	C2	CC-manufacturerdefined
7	C3	CC-reservedforfuture
8	B0	Bode Codes(BC) –SAE defined

Продолжение таблицы 22

1	2	3
9	B1	BC- manufacturerdefined
A	B2	BC- manufacturerdefined
B	B3	BC- reservedforfuture
C	U0	Network Codes(NC)- SAE defined
D	U1	NC- manufacturerdefined
E	U2	NC- manufacturerdefined
F	U3	NC- reservedforfuture

Для окончательной записи кода ошибки необходимо заменить первую шестнадцатеричную цифру соответствующей ей символами в таблице 22, итого из кода 0133 получаем код P0133. После получения описания кода ошибки необходимо обратиться в стандарт SAE J2012. Для вышеописанного примера описание будет иметь вид: P0133 – «oxygen sensors low response», что означает «Медленный отклик кислородного датчика».

При необходимости, сканирующее устройство может стереть все коды ошибок, возникшие в ЭБУ автомобиля, однако если проблема не устранена, то при следующем старте автомобиля ошибка появится вновь. Для сброса используется режим 04, при этом адаптер не только сотрет все ошибки, но и так же сбросит общее число ошибок, очистит все результаты тестов, производимых при старте ЭБУ автомобиля.

Следующим этапом работы экспертной системы является сбор и анализ дополнительных параметров о состоянии автомобиля. Данные параметры вводятся пользователем вручную, поскольку они не хранятся в ЭБУ и считать их сканирующим устройством не представляется возможным.

Таковыми параметрами являются:

- 1) Текущий пробег автомобиля
- 2) Пробег автомобиля на момент последней замены масла в двигателе
- 3) Пробег автомобиля на момент последней замены масла в трансмиссии
- 4) Пробег автомобиля на момент последней замены охлаждающей жидко-

сти

- 5) Пробег автомобиля на момент последней замены тормозной жидкости
- 6) Пробег автомобиля на момент последней замены тормозных колодок
- 7) Пробег автомобиля на момент последней замены свечей зажигания

Для каждого из этих параметров устанавливаются оптимальные интервалы замены. Данные интервалы устанавливаются на основе технических характеристик самих жидкостей, а так же режимов работы самих устройств, в которых они используются. При превышении допустимых интервалов замены жидкостей, в краткосрочной перспективе, не приведет к каким-либо поломкам, однако, в долгосрочной перспективе, может существенно сократить срок службы агрегатов. Причина кроется в том, что по мере увеличения пробега происходит постепенное окисление жидкостей, выгоранию дополнительных присадок, а так же накоплению в жидкостях различных загрязнений, что в свою очередь увеличивает износ данных агрегатов.

В зависимости от производителя автомобиля и технических жидкостей эти интервалы могут отличаться, в данном случае будем использовать усредненные значения: для двигательного масла – 10 тыс. км., трансмиссионного – 30 тыс. км., охлаждающей жидкости 100 тыс. км., тормозной жидкости – 50 тыс. км, тормозных колодок – 50 тыс. км и для свечей зажигания – 50 тыс. км.

Так же для принятия решения, ЭС необходимо знать наличие или отсутствие следующих значений:

- 1) Отсоединялся ли аккумулятор более чем на 2 минуты
- 2) Присутствует ли чрезмерная вибрация
- 3) Присутствует ли чрезмерный расход двигательного масла
- 4) Понижены ли обороты двигателя

Особое внимание нужно уделить первому параметру, поскольку при отключении аккумулятора от сети автомобиля более чем на 2 минуты ведет к полному сбросу ЭБУ автомобиля к заводским настройкам, что может послужить причиной возникновения проблем.

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		46

Описанные выше параметры вводятся пользователем вручную в самой ЭС.

Готовая ЭС представляет собой программу, написанную на языке VisualC#, с подключенной к ней БД, разработанной в СУБД MicrosoftSQLServer 2016.

При запуске программы открывается стартовая форма, которая необходима для проверки связи со всеми элементами ЭС.

На рисунке 9 показано стартовое окно.

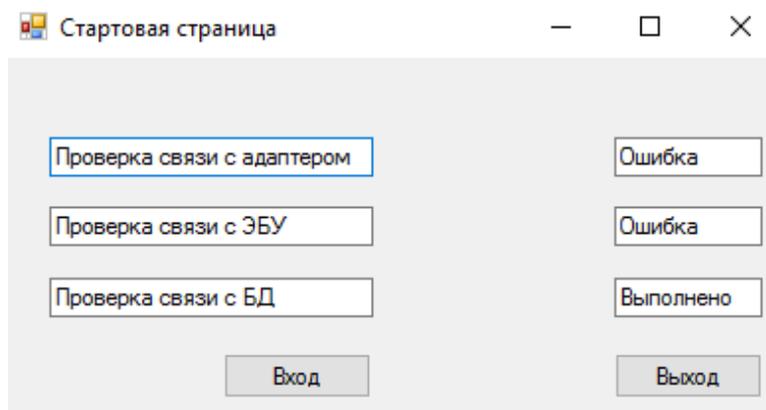


Рисунок 9 – стартовое окно программы.

Прежде всего проверяется подключение к сканирующему устройству ELM 327. Производится это в несколько этапов:

1) Необходимо подключить сканирующее устройство к разъему DLCавтомобиля и включить зажигание.

2) После включения зажигания, на сканирующее устройство подается питание и устройство становится доступным для подключения к компьютеру по протоколу Bluetooth, что и необходимо выполнить на данном этапе.

3) После подключения к компьютеру проверяется связь с самим адаптером, путем отправки AT-команды на сброс устройства к стандартному состоянию.

4) После сброса устройства отправляется AT-команда автоматического выбора протокола обмена данными с ЭБУ автомобиля.

После получения ответа от сканирующего устройства о том, что устройство сброшено в стандартное состояние и выбран соответствующий протокол, ЭС

считает сканирующее устройство доступным и переходит к выполнению следующего тестирования.

Следующим тестированием является проверка связи с ЭБУ автомобиля.

Это тестирование так же выполняется в несколько этапов:

1) Отправляется OBD-команда 01 00, если ответом от ЭБУ является любое сообщение кроме «NODATA», значит протокол взаимодействия с ЭБУ выбран верно и осуществляется переход к следующему пункту.

2) Отправляется OBD-команда 09 02, запрашивающая серийный номер автомобиля. Данный серийный номер используется в дальнейшем в основной программе.

Заключительным этапом тестирования является проверка подключения к БД.

При наличии ошибок подключения адаптера, ЭБУ или базы данных программа блокирует кнопку «Вход» до тех пор, пока соединение не будет установлено, как показано на рисунке 10.

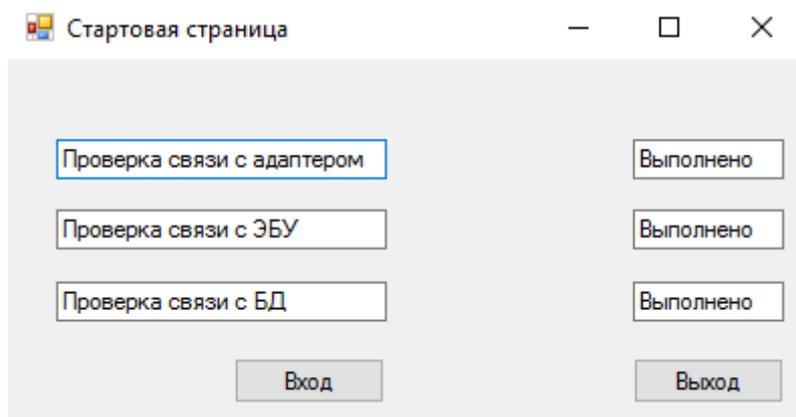


Рисунок 10 – Связь установлена со всеми компонентами.

При нажатии кнопки «Вход» будет произведен переход на основное окно программы, на котором будет предложено выбрать автомобиль, для которого и будет выполняться поиск неисправности. Для поиска неисправности необходимо выбрать свой автомобиль, указать год выпуска, а так же указать дополнительные параметры в соответствующие поля. На основе этих данных будут выбираться

наборы кодов ошибок, соответствующих только данной марке автомобилей. Также на главной форме присутствуют кнопки: «Запрос ошибок» и «Сброс ошибок» и «Запрос решения».

Главная форма представлена на рисунке 11.

Рисунок 11 – Главная форма программы.

Первоначально нужно выбрать автомобиль из БД, посредством выпадающих списков, после чего ввести информацию о пробеге автомобиля и на каком пробеге менялись технические жидкости, а так же выбрать дополнительные пункты, соответствующие текущему состоянию автомобиля.

В качестве примера возьмем автомобиль ToyotaCorollaFielder2011 года выпуска. Данный автомобиль находится в отличном состоянии, у него отсутствуют какие-либо неисправности, поэтому будем вызывать появление этих неисправностей специально. Для начала отключим аккумулятор от сети автомобиля более

чем на 2 минуты.

Достаточно типичной проблемой, вызванной отключением аккумулятора, является снижение холостых оборотов двигателя на автомобилях с пробегами от 100 тыс. км. Такая проблема возникает даже при условии своевременного обслуживания автомобиля. С данной проблемой сталкивались многие автолюбители, даже те, кто своевременно обслуживал свой автомобиль, менял жидкости и воздушный фильтр в соответствии с регламентом обслуживания. Причина данной проблемы находится в системе вентиляции картерных газов, а именно в маслоотделителе и клапане вентиляции картерных газов.

Система вентиляции картерных газов уменьшает количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, посредством очистки отработавших газов, попавших в картер в результате работы двигателя. Очистка производится с помощью маслоотделителя, который очищает картерные газы от масла. После очистки картерные газы подаются во впускной коллектор, а затем и в камеру сгорания.

При достижении автомобилем пробега более 100 тыс. км. данная система, из-за износа внутренних деталей, перестает функционировать в требуемом режиме, а именно перестает очищать картерные газы от масла, что в свою очередь приводит к попаданию масла во впускной коллектор, где оно частично оседает на дроссельной заслонке, а так же часть масла подается в камеру сгорания.

При загрязнении дроссельной заслонки уменьшается количество подаваемого воздуха во впускной коллектор. В этом случае ЭБУ автомобиля, видя снижение поступающего воздуха в систему, делает небольшую корректировку стандартного положения дроссельной заслонки.

Так будет продолжаться до тех пор, пока не будет отключен аккумулятор более чем на 2 минуты. В этом случае ЭБУ автомобиля сбросится к заводским настройкам, что приведет к смене стандартного положения дроссельной заслонки на заводское положение, что в свою очередь приведет к снижению объемов поступающего воздуха и как следствие приведет к понижению холостых оборо-

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		50

тов двигателя. В дальнейшем ЭБУ автомобиля будет пытаться снова скорректировать стандартное положение дроссельной заслонки, но не всегда это заканчивается успехом. Если же ЭБУ автомобиля не удастся настроить положение дроссельной заслонки, то в данном случае необходимо выполнить ее очистку от нагара, а затем снова сбросить ЭБУ автомобиля к заводским настройкам.

Тестовый автомобиль имеет пробег более 100 тыс. км. на данный момент, и в итоге на тестовом автомобиле, после манипуляций с аккумулятором, проявилась проблема с пониженными оборотами автомобиля в результате загрязнения дроссельной заслонки.

В течение недели езды по городу ЭБУ так и не скорректировала дроссельную заслонку, соответственно все это время наблюдались пониженные холостые обороты двигателя.

В итоге было принято решение снять дроссельную заслонку с автомобиля и очистить ее от накопившегося нагара, который представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Нагар на дроссельной заслонке тестового автомобиля.

После очистки дроссельной заслонки от нагара, она была установлена обратно на автомобиль, после чего был снова отключен аккумулятор более чем на 2 минуты для сброса ЭБУ автомобиля к заводским настройкам с последующей

настройкой.

В программе данная ошибка имела бы следующий вид, представленный на рисунке 13.

The screenshot shows a software window titled "Экспертная система" (Expert System). It contains several input fields and buttons for car data, and a list of diagnostic checks with checkboxes. On the right, there are three text boxes: "Ошибки" (Errors) containing "Ошибок нет" (No errors), "Расшифровка" (Decoding) which is empty, and "Рекомендации по ремонту" (Repair recommendations) containing "Прочистите дроссельную заслонку" (Clean the throttle plate). The "Запрос решения" (Request solution) button is highlighted with a blue border.

Марка	Toyota	Пробег	114045	Ошибки	Ошибок нет
Модель	Corolla Fielder	Замена масла в двигателе	109578	Расшифровка	
Кузов	NZE-141G	Замена масла в трансмиссии	109578	Рекомендации по ремонту	Прочистите дроссельную заслонку
Год выпуска	2011	Замена охлаждающей жидкости	66000		
Комплектация	X	Замена тормозной жидкости	66000		
Двигатель	1NZ-FE	Замена тормозных колодок	80000		
Трансмиссия	K310	Замена свечей зажигания	80000		
Тип двигателя	Бензин	<input checked="" type="checkbox"/> Отсоединялся ли аккумулятор			
		<input type="checkbox"/> Присутствует ли чрезмерная вибрация			
		<input type="checkbox"/> Присутствует ли чрезмерный расход двигательного масла			
		<input checked="" type="checkbox"/> Понижены ли обороты двигателя			

Рисунок 13 – Результаты проверки тестового автомобиля.

После ввода всех параметров автомобиля необходимо произвести запрос кодов ошибок, хранящихся в ЭБУ автомобиля. При нажатии на кнопку «Запрос кодов ошибок» происходит отправка OBD-команды 01 01, запрашивающая общее количество ошибок. Затем происходит отправка OBD-команды 03, запрашивающая уже непосредственно сами ошибки, сохраненные в ЭБУ. Ответ от ЭБУ записывается в файл для расшифровки. Найденные ошибки и их расшифровки выводятся в соответствующих окнах.

На тестовом автомобиле не было сохраненных в ЭБУ ошибок, что и было выведено в программе.

Следующим этапом является поиск возможных неисправностей автомобиля, основанных на введенных параметрах, а так же кодах ошибок, сохраненных в ЭБУ автомобиля. В БД содержатся эталонные значения, с которыми сравниваются введенные значения. Так как эталонные данные содержатся в разных таблицах БД, то для удобства было создано представление, с которым и сравнивается введенная информация.

Данное представление представлено в таблице 23.

Таблица 23 – Представление

Столбец	Из таблицы
1	2
Firm_name	Manufacturer
Model_name	Model
Model_year	Model
Hull_name	Hull
Hull_year	Hull
Engine_name	Engine
Transmission_name	Transmission
Error_name	Error_codes
Error_Full_Name	Error_Full_Name
Mileage	Status_auto_reference
Mileage_engine_oil	Status_auto_reference
Mileage_transmission_oil	Status_auto_reference
Mileage_cooling_fluid	Status_auto_reference
Mileage_brake_fluid	Status_auto_reference
Mileage_brakes	Status_auto_reference
Mileage_sparking_plug	Status_auto_reference
Battery_check	Status_auto_reference
Vibration_check	Status_auto_reference

Продолжение таблицы 23

1	2
Oil_consimplion_check	Status_auto_reference
Engine_rpm_check	Status_auto_reference
Malfunction	Malfunction
Repair_recomendation	Malfunction

При сравнении введенных параметров в ЭС с эталонными данными учитывается тот факт, что пробег реального автомобиля, а так же интервалы замены технических жидкостей, не будет совпадать с эталонным значением, то при сравнении используется погрешность для пробега в 50 тыс. км., а для технических жидкостей в виде 1 интервала их замены.

В случае успешного поиска, последние 2 пункта представления и будут означать найденную неисправность, а так же необходимые рекомендации по ремонту, которые выводятся в соответствующее окно ЭС.

Если же решения на данный момент времени нет в БД, то ЭС записывает текущее состояние авто в БД для последующего анализа этих данных и поиска решения с помощью БЗ и эксперта по знаниям.

Для работы с БЗ необходимо использовать специальное приложение – SQLServerDataQualityServicesClient. Данное приложение позволяет создавать БЗ на основе имеющейся БД, а так осуществлять работу с данными при помощи правил – доменов.

Домены используются для отбора данных из таблиц или представлений, поэтому для начала в БД было создано представление, в котором находится информация по текущим автомобилям. Данное представление представлено в таблице 24.

Столбец	Из таблицы
1	2
Firm_name	Manufacturer
Model_name	Model

Продолжение таблицы 24

Model_year	Model
Hull_name	Hull
Hull_year	Hull
Engine_name	Engine
Transmission_name	Transmission
Error_name	Error_codes
Error_Full_Name	Error_Full_Name
Mileage	Status_auto
Mileage_engine_oil	Status_auto
Mileage_transmission_oil	Status_auto
Mileage_cooling_fluid	Status_auto
Mileage_brake_fluid	Status_auto
Mileage_brakes	Status_auto
Mileage_sparking_plug	Status_auto
Battery_check	Status_auto
Vibration_check	Status_auto
Oil_consumption_check	Status_auto
Engine_rpm_check	Status_auto

На основе данного представления создаются домены, по которым позднее и будет производиться поиск эталонных данных. Каждый домен создается для одного конкретного поля из таблицы или представления. Если же необходимо использовать в одном домене несколько полей, то создается составной домен.

В случае с нашим тестовым автомобилем необходимо создать несколько доменов, а именно домены для проверки пробега автомобиля, наличия ошибок, наименования модели автомобиля, а так же проверка параметра «отключался ли аккумулятор».

При создании домена задается правило, которое будет проверяться. Затем данный домен с уже имеющимся правилом применяется к какому-либо полю.

Домен «пробег авто больше 100 тыс. км.» представлен на рисунке 14.

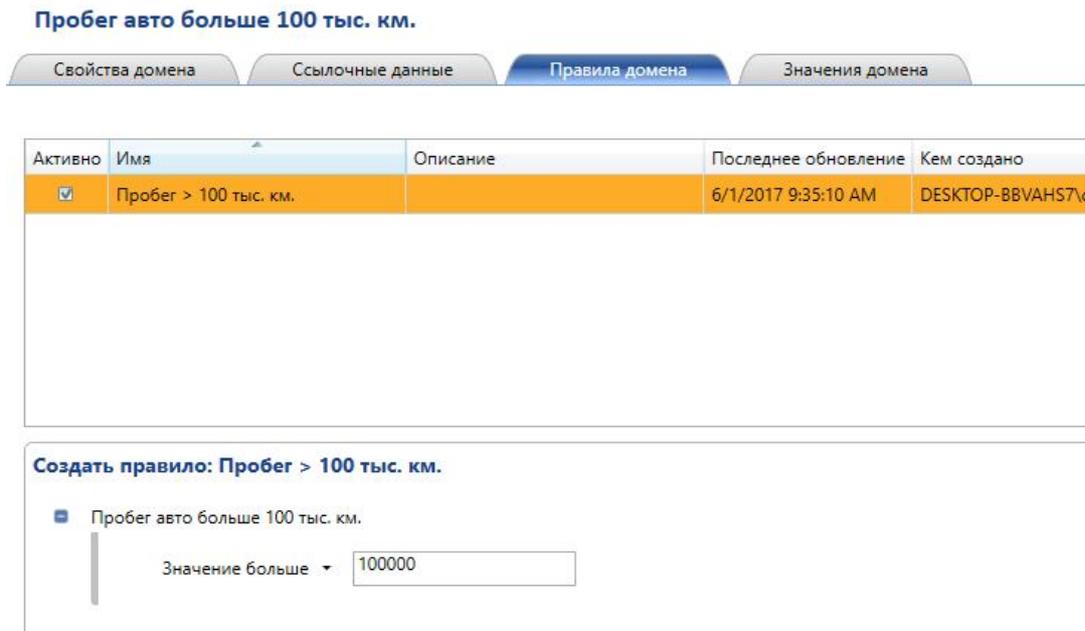


Рисунок 14 – Домен «пробег авто больше 100 тыс. км.».

После создания доменов их необходимо сопоставить с представлением. Данное сопоставление для тестового автомобиля представлено на рисунке 15.

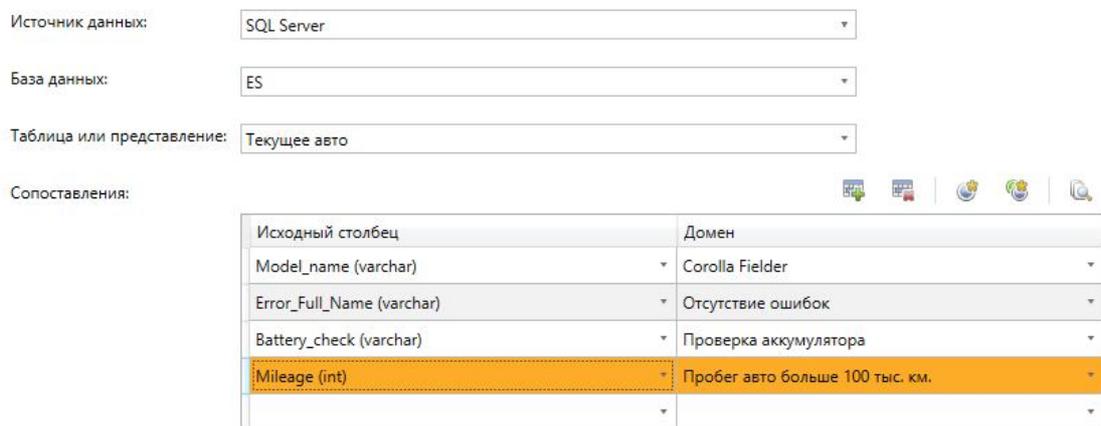


Рисунок 15 – Сопоставление данных в БЗ.

После применения сопоставления, отображаются наборы данных, соответствующих выбранным доменам. Затем на основе этих данных эксперт по знаниям выявляет неисправность, после чего данные выгружаются в БД для после-

дующей работы ЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		57

В ходе работы над магистерской диссертацией был произведён анализ предметной области и выявлены слабые стороны имеющихся на сегодняшний день решений. Также было выяснено, что на рынке представлено малое количество систем, которые так или иначе выполняют диагностику автомобиля и составляют какие-либо рекомендации по ремонту.

Реализован алгоритм работы программы с электронным блоком управления автомобиля через сканирующее устройство ELM 327 по протоколу OBDII. Программа использует протокол Bluetooth для связи со сканирующим устройством, которое затем используется как последовательный порт для отправки и получения данных с ЭБУ.

Программная часть ЭС написана на языке VisualC#. Так же в своем составе ЭС имеет БД, разработанную в СУБД Microsoft SQL Server 2016 R2.

Во время разработки базы знаний было выявлено, что стандартными средствами Microsoft SQL Server 2008 R2 реализовать базу знаний невозможно в виду отсутствия многих важных компонентов, например службы DataQualityServices (DQS), обеспечивающей анализ данных на основе набора знаний. В результате было принято решение использовать Microsoft SQL Server 2016 R2, в состав которого и входит DQS.

Практическая значимость заключается в разработке доступной экспертной системы для диагностики автомобильных неисправностей, решающая поставленную задачу как локально, так и удалённо.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		58

1 Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. «Интеллектуальные информационные системы»: М. Наука, 2004 г.

2 Артамонов Б. Н., Брикалов Г. И., Гофман В. Э., Кадигроб Я. Е., Компаниец Р. И., Липецких А. Г., Мальцев М. Г., Рыжков Ю. И., Хоменко А. Д., Цыганов В. М. «Основы современных компьютерных технологий»: Учеб. пособие /; Под ред. проф. Хомоненко А.Д. – СПб.: КОРОНА принт, 1998. – 448 с.

3 Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. «Базы знаний интеллектуальных систем». СПб: Питер, 2003г.

4 Долин Г. «Что такое ЭС?». – Компьютер Пресс, 2002 г

5 Егоров Н. В., Карпов А. Г. «Диагностические информационно-экспертные системы». – М.: Вильямс, 2002 .

6 Зубов В. В., Макушкин В. А. «Экспертная система диагностирования цифровых устройств ДИЭКС на персональной ЭВМ. Экспертные системы на персональных компьютерах». М.: МДНТП, 2005, с. 115-120.

7 Зубов В. В., Макушкин В. А., Оглоблин А. Г. «Экспертная система диагностирования цифровых устройств и БИС». Средства связи. - №3. – 2000. -С. 32-36.

8 Круглов В. В. «Интеллектуальные информационные системы». – СПб: Питер. - 2002. – 234 с.

9 Макушкин В. А., Щербицкий К. А. Экспертная система для контроля и диагностирования цифроаналоговых устройств. Новые информационные технологии в планировании, управлении и в производстве. М.: МДНТП. – 2001. - С. 121-125.

10 Моисеев В.Б. Представление знаний в интеллектуальных системах. Информатика и образование, №8, 2009. - С. 123

11 Муромцев Д.И. «Введение в технологию экспертных систем». СПб: СПб ГУ ИТМО, 2005.

13 Попов Э.В. «Экспертные системы: Решение неформализованных задач в

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		59

диалоге с ЭВМ». - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1987 г.

14 Попов Э. В., Фоминых И. Б., Кисель Е. Б., Шапт М. Д. «Статические и динамические экспертные системы». М.: Финансы и статистика, 2003 г.

15 Рыбина Г. В., Пышагин С. В., Смирнов В. В., Левин Д. Е., Душкин Р. В. «Инструментальный комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для поддержки разработки интегрированных экспертных систем». Учебное пособие, М.: МИФИ, 2001, с. 100

17 Сафонов В.О. «Экспертные системы – интеллектуальные помощники специалистов». – СПб.: Санкт-Петербургская организация общества «Знания России», 2007.

18 Стефанюк В.Л. «Экспертные системы и их применение»: Курс лекций.

19 Убейко Н. «Экспертные системы». – М.: МАИ, 2002.

20 Частиков А. П., Гаврилова Т. А., Белов Д. Л. «Разработка экспертных систем. Среда CLIPS BVH». - СПб, 2003 г., с. 606

21 Джарратано Джозеф, Райли Гари «Экспертные системы: принципы разработки и программирование»: Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – с. 1152

22 Люгер Д. «Искусственный интеллект». – М.: Мир, 2006. с. 690

23 Нейлор К. «Как построить свою экспертную систему».- М.: Энегроатм-издат, 2007.

24 Питер Джексон «Введение в экспертные системы» = IntroductiontoExpertSystems. – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2001. - с. 624.

25 Таунсенд К., Фохт Д. «Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ»: Пер. с англ. В. А. Кондратенко, С.В. Трубицына. – М.: Финансы и статистика, 1990. - с. 320

26 Уотермен Д. «Руководство по экспертным системам»: Пер. с англ. под ред. В. Л. Стефанюка. — М.: «Мир», 1989: - с. 388

27 Элти Д., Кумбс М. «Экспертные системы: концепции и примеры».- М.: Финансы и статистика, 1987.

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		60

28 Википедия – свободная энциклопедия [Электрон.ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>. – 11.06.2016.

29 Хабрахабр – интересные публикации [Электрон.ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru> – 17.06.2016.

30 MSDN – сеть разработчиков Microsoft [Электрон.ресурс]. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru> – 21.06.2016.

31 Описание ELM327 [Электрон.ресурс]. – Режим доступа: <http://elm327.ru/> – 21.06.2016.

40 Гетман П.А., Соловцова Л.А. Экспертная система технического обслуживания и ремонта автомобилей / Гетман П.А., Соловцова Л.А. // Современные научные исследования и разработки - Научный центр "Олимп", г. Москва. – 2017. – № 1(9) Том 2. – С. 50-53.

					<i>ВКР.155508.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		61